الطاقة والحياة

تمهيد

في عام ١٧٧٥ اتخذت الاكاديمية الفرنسية للعلوم قرارا خطيرا بعدم مساندة او تدعيم البحوث والخطط التي كانت تدور حول فكرة الحركة الدائمة او الحركة الابدية او تدعيم المشروعات التي كانت تحاول اخراج هذه الفكرة الى حيز الوجود .. وبمقتضى هذا القرار اغلقت الاكاديمية ابوابها - على ما يقول **اوتو فريش** Otto Freach في كتابه Atomic Physics Today في وجه الكثيرين من الباحثين والمخترعين الطموحين الذين كانوا يحاولون بناء اجهزة وآلات يمكن ان تعمل بغير توقف او انقطاع ، مستخدمين في ذلك كثيرا من الادوات والآلات والروافع والعجلات والطواحين المائية والهوائية وما اليها . ولقد مرت تجارب هؤلاء المخترعين والعلماء بكثير من الصعوبات وقامت في وجهها كثير من العوائق ، وتعرضوا هم انفسهم لكثير من المثبطات التي كانت خليقة بأن تدفع الى اليأس ، خاصة وان الكثير من الآلات والاجهزة التي توصلوا الى اختراعها بعد طول عناء لم تعمل على الاطلاق ، فضلا من ان تعمل بغير توقف في حركة ابدية دائبة . ومع ذلك فقد كان لهذه التجارب المريرة الصعبة نتيجة يحسن التمهل امامها والتأمل فيها ، وهي ان هؤلاء العلماء تحققوا من ان العمل - اى عمل - لا يمكن ان ينتج من

لا شيء ، وان كل ما يمكن للانسان ان يفعله عن طريق الجهود الفنية المستمرة هو ان يحول العمل او (الشغل) من صورة الى اخرى ، وان الافكار الرئيسية انما تتبلور وتتجسد ببطء شديد وبعد صراع عنيف طويل . فالآلة البخارية مثلا ظلت تستخدم قرنا كاملا تقريبا قبل ان يصل الناس ويدركوا ان كل ما تفعله هو انها تحول الحرارة الى (شغل) . بل ان الامر احتاج الى فترة اطول من هذا بكثير لكي يدرك الناس ايضا ويفهموا كنه الشيء الذي يتحول الى حرارة حين يحترق الخشب او الفحم . وكان لا بد من ان نعطي هذا الشيء المبهم الغامض غير المحسوس ، والذي يمكنه ان يتحول من صورة الى اخرى الى ان يصبح (شغلا) اسما معينا ، فاطلق عليه كلمة (طاقة) او Energy ، وهي تسمية ادخلها لاول مرة **توماس يونج** Thomas Young حوالي عام ١٨٣٠ لكي يستخدمها في اغراض محددة بالذات ، ولكن الاسم لم يلبث ان شاع استعماله وانتشر وانتقل الى الاحاديث اليومية ، واصبحت كلمة (الطاقة) الآن من اكثر الكلمات تداولا خاصة في الظروف الراهنة التي يمر بها المجتمع الدولي .

وليس من السهل تعريف الطاقة وان كان يمكن وصفها بشكل عام بانها (القدرة على اداء الشغل) ، ولو ان كلمة (شغل) لا تعني شيئا واحدا بالنسبة للرجل في الحياة اليومية وبالنسبة لعالم الفيزياء . فليست الطاقة شيئا يمكن ادراكه دائما بالحواس ، كما انها قد تظهر في اشكال كثيرة متنوعة مثل طاقة الحركة ، او ما يعرف باسم Kinetic Energy او في شكل حرارة او ضوء ، او قد تظهر في سريان التيار الكهربائي او في شكل الطاقة النووية وما الى ذلك . بل ان سقوط التفاحة الشهيرة التي ادت بنيوتن الى اكتشاف قانون الجاذبية يشير الى انطلاق ما يسمى بالطاقة الكامنة في التفاحة على ما يقول **ميتشل ولسون** Mitchell Wilson في كتابه الصغير من « **الطاقة** Energy » (صفحة ٦) . وقد يمكن تقريب فكرة الطاقة الكامنة التي يتحدث منها الكثيرون بالساعة التي يملاها المرء بالطريقة التقليدية . فحين يقوم المرء بهذا العمل فانه يؤدي (شغلا) ، وهنا يقال ان زنبرك الساعة اكتسب (طاقة كامنة) سوف يفقدها او يبذلها ثانية بالتدريج خلال الفترة التي تستمر فيها الساعة تعمل او (تدور) . فكان استخدام كلمة طاقة انما كان وسيلة مناسبة ليستطيع بها العلماء ان يصفوا قدرة اي شيء على اداء (الشغل) . والكلمة الانجليزية Energy تعني النشاط ، وهي ماخوذة اصلا من الكلمة اليونانية Energos التي تعني (نشيط) وهي مكونة من مقطعين هما en ومعناها (في) ثم ارجون ergon ومعناها (شغل) مما يعني في آخر الامر ان الشيء ذا الطاقة يمكن ان يؤخذ على انه شيء « يحتوي شغلا داخله » (انظر كتاب **اسيمون** من **الحياة والطاقة** ، الترجمة العربية ، صفحة ٦) .

وليس من شك في ان استعراض تاريخ الانسان منذ اقدم عصوره حتى الآن خليق بان يكشف لنا عن ان الطاقة كانت دائما بمثابة المفتاح الاساسي لاعظم واسمى اهداف الانسان واحلامه بتحقيق عالم مثالي ، او على الاقل عالم افضل واجمل واكثر سعادة من الواقع الذي يعيش فيه . ومن هنا كان بعض العلماء يحاولون دراسة تطور التاريخ البشري وتقدم المجتمع بالاشارة الى نجاح الانسان في التحكم في الطاقة وتسخيرها لصالحه . والرأي السائد لدى هؤلاء العلماء ان سكان الكهوف من البشر بداوا سيرهم على طريق الحضارة حين بدا الانسان المبكر يستخدم الطاقة الكامنة في النار للتدفئة والاستضاءة ، والطاقة الكامنة في جسمه في الحصول على الطعام وتوفير

القوت ، مستعينا فى ذلك بالآلات والادوات البسيطة البدائية التى استطاع ان يصنعها مثل عصا الحفر او بعض الادوات الحجرية او القوس والسهم وما الى ذلك . وخلال القرون الطويلة التى عاشها الانسان بعد ذلك ظل بحثه عن سعادته ورفاهيته المادية مرتبطا ارتباطا وثيقا بالتحكم فى مختلف اشكال مصادر الطاقة : الفحم والبترول والكهرباء . وتمكن فى الازمنة الحديثة من ان يصل الى وسائل فعالة ومعقدة للحصول على الطاقة وتسخيرها فى مختلف الاغراض ، بل ان محاولاته الوصول الى القمر ذاتها انما تحققت عن طريق التحكم فى الطاقة الكيميائية من اجل الصواريخ . وكل الدلائل تشير الى انه سوف يعتمد فى المستقبل فى محاولاته اكتشاف الكواكب على التحكم فى الطاقة الكامنة فى نواة الذرة . ومقال « الطاقة والحضارة » فى هذا العدد يحاول ان يعرض لبعض الآراء ووجهات النظر الذى يؤمن بها بعض علماء الاجتماع والانثربولوجيا، بل وايضا علماء الفيزياء الذين يهتمون بالجانب الانسانى فى قصته السيطرة على الطاقة . وهى كلها آراء تسترشد بالمبدا القائل ان « تاريخ الانسان هو تاريخ تطور اشكال وصور استخدامه للطاقة اكثر منه ما هو قصة شهوات الدول والغزاة » على مايقول آسيمون .

والواقع ان انشغال الانسان بامر الطاقة كان سواء شعوريا او لا شعوريا ــ من اهم مطالبه منذ القدم . فقد كان يعمل دائما للحصول عليها وتسخيرها والتحكم فيها ، ويسخر لذلك كل كفاءاته ومهاراته ، كى يستمر المجتمع فى الوجود . فقصة الانسان هى بشكل ما قصة الصراع مع البيئة . ومع ان الانسان البدائى ، وكذلك معظم الحيوانات يمكنها تغيير سلوكها لتتلاءم مع التحديدات البيئية المتغيرة فان تكريس قوى الانسان وقدراته لتغيير البيئة هو امر من خصائص الانسان وحده ، وخاصة ينفرد بها عن غيره من الكائنات . ويكاد الرأى يسود بين العلماء على انه حين تعلم الانسان (البدائى) طريقة اشعال النار واستخدامها للتدفئة ، ثم الطهى فانه كان قد خطا فى حقيقة الامر خطوة جبارة نحو استخدام مصادر الطاقة . ذلك ان استخدام الطاقة كان مفتاحا لتوفير الطعام والراحة البدنية وتحسين اسلوب الحياة الى ابعد من مجرد متطلبات العيش والوجود . وليس ثمة شك فى ان استخدام الطاقة والافادة منها يتوقف على عاملين اساسيين هما : توفر المصادر والمهارة التكنولوجية لتحويل هذه المصادر الى حرارة وعمل مفيدين . وليس من شك ايضا فى ان مصادر الطاقة كانت متوفرة دائما ، ولكن اختراع الطرائق لتحويل الطاقة الى عمل مفيد عملية حديثة نسبيا وتدريجية، وسوف تظل حاجة الانسان تتزايد الى الطاقة ، بحيث ان دراسة هذه الحاجة فى تزايدها وفى طريقة اشباعها تؤلف فصلا رائعا فى تاريخ تقدم الجنس البشرى .

وقد يمكن لنا ان ناخذ فكرة عن مدى احتياج الانسان للطاقة ومدى تزايد هذه الحاجة فى المستقبل اذا نحن عرفنا انه حتى عام ٢٠٠٠ ، اى بعد اقل من حوالى ربع قرن فقط من الآن سوف تستهلك امريكا من الطاقة اكثر مما استهلكته فى كل تاريخها ، وان ذلك الاستهلاك سوف يتضاعف فى امريكا سنويا بينما سوف تزيد حاجة العالم ككل ثلاثة اضعاف ما هى عليه الآن . واعتبارا من عام ٢٠٠٠ ينتظر ان يكون ما تحتاج اليه امريكا من الطاقة سنويا هو ضعف ما هو عليه الآن . والمعروف ان الولايات المتحدة تستخدم ٣٥٪ من الطاقة العالمية على الرغم من ان عدد سكانها هو ٦٪ فقط من العالم . والمحتمل ان يصبح نصيبها من الطاقة فى تلك السنة حوالى ٢٥٪ فقط نتيجة

لزيادة النسبة في سكان العالم ، وازدياد اقبال الدول النامية على التصنيع واستهلاك مزيد من الطاقة . ويبلغ معدل زيادة الطاقة فيها بالنسبة للفرد الواحد حوالى ١٪ سنويا في حين ان المتوسط العالمي يزداد ــ طبقا لادنى المستويات ــ بنسبة ٢ر١٪ سنويا نظرا لأن بقية دول العالم بدأت من مستويات ادنى واكثر انخفاضا ، وعلى ذلك فانه نظرا للنمو السكاني الهائل في العالم فان زيادة الطاقة في العالم سوف ترتفع في الاغلب الى ثلاثة امثالها وليس الى الضعف فقط عام ٢٠٠٠ . وعلى الرغم من هذا كله فان الهوة التي تفصل بين الولايات المتحدة الامريكية والبلاد النامية فيما يتعلق باستهلاك الطاقة سوف تظل واسعة وربما يحتاج الامر الى قرن كامل قبل ان يصل متوسط العالم الى المستوى الامريكي الحالي ، كما سوف يحتاج الامر الى ثلاثمائة سنة على الاقل لكي يتساوى العالم مع امريكا لو سار العالم على نفس معدلات الزيادة والنمو . بينما سوف يرتفع متوسط استهلاك الفرد في العالم من الطاقة عام ٢٠٠٠ من مستواه الحالي وهو ⅑ المتوسط في امريكا الآن الى حوالى ⅓ ذلك المتوسط .

واذا كنا نشير هنا الى امريكا ونتخذها مثالا لمعرفة الوضع بالنسبة الطاقة واستخدامها واستهلاكها فان ذلك يرجع في المحل الاول الى ان اكبر زيادة في استهلاك الطاقة هو في البلاد المتقدمة ، وامريكا افضل مثل لها . ذلك ان الاستهلاك السنوي لكل صور الطاقة واشكالها في امريكا زاد ١٧ ضعفا خلال القرن الاخير ، بينما كانت زيادة السكان اكثر قليلا من خمس مرات فقط خلال تلك الفترة ذاتها ، كما ان الاستخدام بالنسبة للفرد تضاعف اكثر قليلا من مرتين ، وخلال ذلك كانت امريكا تتحول باستمرار بالنسبة لمصادر الوقود . مثال ذلك ان خشب الوقود كان هو المصدر الاساسي للطاقة عام ١٨٥٠ فاصبح الفحم يشكل ٧٥٪ من مجموع استهلاك الطاقة عام ١٩١٠ ، وانكمش مجمل استهلاك الخشب الى ١٠٪ . وفي السنوات الخمسين بين عام ١٩١٠ و ١٩٦٠ تخلى الفحم عن مكانته الرئيسية للغاز الطبيعي والبترول . ثم بدأ التفكير يظهر جديا نحو استخدام القوة النووية كمصدر اساسي للطاقة .

ومع ذلك كله فالواضح ان ازمة الطاقة تتفاقم بشكل لا يخلو من خطورة . ذلك ان الحاجة الى الطاقة تزداد بمعدل ٥٪ سنويا ، بينما تتضاءل المصادر التقليدية للطاقة بسرعة ، أو على الاقل المصادر المعروفة . وهذا يشكل نتائج خطيرة ليس فقط بالنسبة للدول المتقدمة صناعيا، بل وايضا بالنسبة للدول النامية والمتخلفة . ويزيد من حدة وخطورة الوضع ان سكان العالم يزدادون بمعدلات كبيرة . والمنتظر ان يتضاعف سكان العالم عام ٢٠٠٠ ، وهي زيادة تتطلب توفير مزيد من الطاقة بحيث يذهب البعض الى انه اذا اريد المحافظة على مستوى المعيشة الحالي ، دون ان نحاول الارتفاع به في المستقبل فان ذلك سوف يتطلب توفير ثلاثة امثال المعدل الحالي لانتاج الطاقة . ويبدو ان ذلك ليس بالامر السهل او الهين اذا نحن اخذنا في الاعتبار مصادر الطاقة التقليدية وحدها . بل الاكثر من ذلك ان بعض العلماء يتوقعون ان تنضب موارد البترول في العالم حوالى عام ٢١٠٠ ، وان تنضب موارد الفحم حوالى عام ٢٥٠٠ . والمنتظر ان يبلغ انتاج البترول في العالم ذروته بين عامي ١٩٨٥ ، ٢٠٠٠ اذ سيصبح المعدل السنوي لاستهلاك الطاقة ثلاثة امثاله في الوقت الحالي ، ولكننا سنجد حينئذ ان نصف الاحتياطي الاجمالي للبترول في العالم

او حتى أكثر من النصف قد تم استهلاكه . ويكاديكون من المؤكد ان الغاز والبترول لن يصبحا مصدرا كبيرا للطاقة قبل منتصف القرن الحادي والعشرين بكثير (راجع في ذلك مجلة رسالة اليونسكو ، العدد ١٥٢ ، فبراير ١٩٧٤ ، صفحة٨) وهذا موقف يثير كثيرا من التساؤل والقلق والتشاؤم ، ولكن الموقف بالنسبة للفحم سيكون افضل بكثير من حيث الوثوق بتقديرات الاحتياطي ومقداره . ومع ذلك فاذا لم يتم الحد من الزيادة الحالية في معدل انتاج الفحم في المستقبل القريب فالمحتمل ان تنضب كميته قبل الموعد المحدد الذي ذكرناه من قبل .

ويزيد من اظلام هذه الصورة التاثير السيء على البيئة الذي تتركه مصادر الوقود . فاستخدام الفحم كمادة للوقود وتوليد الطاقة يترك كثيرا من الآثار الضارة التي تتمثل في تلوث البيئة بسبب ما ينبعث منه الكبريت وغيره من المنتجات ، وان كان هذا لا يمنع من ان يلجا الانسان الى الفحم في حالة عدم وجود البدائل الاخرى غير المستخرجة من الارض .

ولكن هذا كله لا يعني اننا وصلنا الى حد الكارثة . فمن ناحية ، ليس هناك تقديرات صحيحة عن احتياطي الوقود المستخرج من باطن الارض ، كما اننا لا ندري شيئا عن الوقت الذي سوف يستغرقه الانسان لاستهلاك مخزون العالم من الوقود الطبيعي ، او مدى توافر واستخدام البدائل الطبيعية للطاقة ، ونعني بذلك طاقة الشمس وطاقة الرياح وطاقة الحرارة الارضية وطاقة المد . ولمة كثير من التكهنات حول هذه الموضوعات وما يشابهها ، للدرجة ان هناك من يعتقد ان سكان البلاد الصناعية ، وهم اكثر الشعوب استهلاكا للطاقة ، قد يغيرون من اسلوب حياتهم بحيث يقللون من استخدام الطاقة في المستقبل ، على الاقل الى ان تتاح لسكان البلاد النامية الفرصة لاشباع احتياجاتهم المتزايدة من الطاقة ، مما سوف يؤدي في آخر الامر الى تضييق الهوة بين هذه البلاد والبلاد الصناعية المتقدمة ، ويقترب مستوى المعيشة في هاتين الفئتين من المجتمعين ولو بعض الشيء . ومع ان معظم الحديث الذي يدور عن مشكلة ازمة الطاقة في الوقت الحالي يعطي اهمية بالغة لمشكلة توليد الكهرباء فليست هذه في حقيقة الامر المشكلة الوحيدة الملحة في الموضوع . فمن كل الاحتياجات التي سوف يحتاج اليها الانسان عام ٢٠٠٠ مثلا سوف تشغل الاستخدامات غير الكهربائية حوالي الثلثين في مجالات النقل والعمليات الصناعية والتدفئة وما الى ذلك ، وسيكون اكبر مجالات استخدام الطاقة حينذاك هو الصناعة الكبرى على ما يرى كثير من الباحثين والمهتمين في هذا الموضوع . ولذا كان احد الاسئلة المهمة التي تلح على هؤلاء الباحثين وعلى المشتغلين بمشكلات التخطيط في الوقت الحاضر هو : كيف يمكن استخدام وتخطيط المصادر المتاحة الآن من اجل صالح الاجيال التالية ! ان العمل على تطوير وتنمية مصادر الطاقة المحتملة هو استثمار المستقبل وليس وسيلة لحل او معالجة مشكلات اليوم ، كما ان من الواضح ان نوعية الحياة التي يحياها الناس في العالم تتوقف على مدى توفر مقادير كبيرة من الطاقة الآن بسعر زهيد وفي صورة مفيدة . وعلى ذلك فلا بد لنا من ان نعمل على تطوير وتنمية المصادر المتاحة في الوقت الحالي بشكل منظم ، وبالاساليب التكنولوجية المتوفرة الآن ايضا ، ونعني بذلك وحدات القوى التي تعتمد على الوقود الحفري والانشطار النووي . ومقال الدكتور عبد المحسن صالح يقدم لنا الى جانب النواحي الطريفة الكثيرة التي يعرضها لنا ميزانية تقريبية عن الطاقة في العالم ومصادر تلك الطاقة ، وهو في هذه الناحية

بالذات يعرض لبعض المقومات التي يتفق فيها مع الاستاذ الدكتور عبد السميع الذى يعطينا صورة واضحة من محاولات استغلال الطاقة الشمسية التى يرى الكثيرون انها ستكون المفتاح الاساسى لحل الكثير من مشكلات الطاقة فى المستقبل .

ومع ذلك فالموقف الحالى لن يتغير تغيراجوهريا الا اذا ادخلنا فى الاعتبار الطاقة المتاحة من القوى النووية ، التى يبدو انها تخفى امكانياتهائلة للطاقة بالنسبة للانسان ، وان كان لا بد من ان ناخذ فى الاعتبار ايضا الناحية السيئة الضارةلذلك الاستخدام والذى يتمثل من ناحية فى استخدام تلك الطاقة فى الحروب ومن ناحيةاخرىما يخلفه ذلك الاستخدام من آثار ضارة وتلوث فى البيئة . ثم ان هناك امكانية توليد الطاقة من المصادر الشمسية التي اشرنا اليها فى الفقرة السابقة والتى يعطيها الدكتور عبد السميع مصطفى الجانب الاكبر من اهتمامه فى الدراسة التى ننشرها له فى هذا العدد . والظاهر ان هناك اتجاها قويا الآن نحو استغلال ذلك المصدر الطبيعي الهام للطاقة . « والسبب فى ذلك انه لا حاجة بتاتًا الى تقدم علمى مثير لكى تستخدم الطاقة الشمسية على نطاق كبير او صغير (بعكس الحال فى استخدام الطاقة الذرية) . ولكن الذى تحتاج اليه هو التقدم الفني واتباع السياسات الاستثمارية التي تؤدي الى خفض النفقات . ومن ذلك يتضح ان العوامل التي تقرر متى يصبح ضوء الشمس مصدرا كبيرا للوفاء باحتياجات الانسان من الطاقة هى ــ الى حد كبير ــ عوامل اقتصادية وسياسية واجتماعية » (رسالة اليونسكو ، نفس المرجع) .

وعلى العموم ، فان الانسان فى بحثه عن مصادر الطاقة يجب ان يأخذ فى الاعتبار تلك المصادر الدائمة ، او على الاصح المصادر التى تأتى الينا باستمرار . وثمة ثلاثة مصادر من هذا النوع وهى : الاشعاع الشمسى والطاقة المتولدة من حرارة الارض ثم طاقة المد المستمدة من الطاقة الكامنة الناشئة عن حركة جاذبية الارض والقمر والشمس . ومع الجهود المبذولة لمحاولة اخضاع وتسخير هذه الطاقة فان تحديد مقدار ما يمكن الاستفادة به منها كحرارة نافعة وتحويله الى (شغل) فى ضوء الاوضاع الاقتصادية والبيئية والتكنولوجية السائدة ، لا يزال حتى الآن موضع نظر ودراسة . وهنا لا بد لنا من أن نتوقف امام المعلومات الدقيقة والطريقة التي يزودنا بها كل من الدكتور عبد المحسن صالح والدكتور عبد السميع مصطفى ، والتى تحتاج منا الى امعان النظر فى المستقبل ، اعنى مستقبل الانسان والمجتمع والطاقة على السواء ، وبخاصة فيما يتعلق بالجهود المبذولة فى السنوات الاخيرة بوجه خاص لاستخدام طاقة الشمس . ومع أن هذا يتطلب الآن نفقات باهظة لتجميع اشعة الشمس مما يمنع فى الوقت الحالي من استخدامها على نطاق واسع ، فليس ببعيد ان يتمكن الانسان من اكتشاف اساليب ووسائل يستطيع بها تجميع اشعة الشمس وتحويلها بنفقات مماثلة لنفقات الوقود التقليدى ان لم يكن اقل . والواقع ان « الطاقة الشمسية تنافس الوقود والكهرباء فى بعض بلاد العالم عندما تستخدم بصورة مباشرة كحرارة فى بعض الاستعمالات كتسخين الماء وتدفئة المنازل وتقطير الماء . ولا شك فى ان المزيد من التطورات التكنولوجية والانتاج الكبير سوف يقللان من نفقات استخدام الطاقة الشمسية ، كما لا شك فى انه سيحدث ارتفاع حاد فى اسعار الوقود التقليدى (المرجع السابق ذكره) . وقد يكون فى استخدام

الطاقة الشمسية امل زاهر بالنسبة للشعوب والبلاد المتخلفة التي لا يتوفر فيها وقود مستخرج من الارض او قوى نووية ، وبذلك يتوفر لهذه الشعوب ما حرمت منه طيلة تلك الفترة الطويلة من حياتها . وقد يكون في ذلك الخلاص من الآلام والفقر والتخلف التي رسفت تحتها هذه الشعوب والامم . واذا كانت ازمة الطاقة هي ازمة الوجود وازمة المستقبل ، فقد يكون في ايجاد حل لها وفي استخدام مصادر الطاقة التي لم يتم استخدامها حتى الآن حلا لكل هذه الازمات وبداية للنمو والتطور والتقدم . وسوف يزيد من هذا الدخل ان الطاقة الشمسية لا تؤدي بطبيعتها الى تلويث البيئة ، وهذا امر لا تتمتع به الطاقة النووية التي لا يتوقف شرها على مجرد تلوث الهواء بسبب المواد المتخلفة ، كما هو الحال في احراق الوقود المستخرج من الارض ، وانما يتعدى ذلك الى مشكلة الاضرار الناجمة عن منتجات الانشطار المشعة والحوادث التي تنشأ من تشغيل المفاعلات .

ومع التسليم باهمية المشكلات ، والآثار السيئة الضارة المترتبة عن زيادة الاقبال على استخدام الطاقة فانه يجب التمييز دائما بين الاضرار التي يتوقع حدوثها على المدى القصير والتي تتركز في منطقة جغرافية محدودة من ناحية ، والاضرار التي لن يظهر اثرها واضحا الا بعد فترات طويلة من الزمن والتي قد تشمل العالم ككل ، وهي ــ حتى الآن على الاقل ــ قليلة نسبيا وليس لها آثار ملموسة في الوقت الراهن . صحيح ان تولد ثاني اكسيد الكربون نتيجة للاحتراق قد زاد في الجو من حوالي ٢٦٠ جزء في المليون الى ٣٢٠ جزء في المليون خلال القرن الاخير ، وقد يصل الى ٣٧٥ او ٤٠٠ جزء في المليون عام ٢٠٠٠ ، الا ان نسبة لا بأس بها من هذا الغاز تمتصها المحيطات وتتحول الى مواد معدنية ، او تتمثلها النباتات وتستخدمها في عملية نموها وبذلك تبطل من مفعولها السيء . وهذا لا يعني انكار حقيقة تلوث البيئة او حتى محاولة التقليل من شأنها والتهوين من امرها نتيجة لازدياد استخدام الطاقة والاحتراق . ومشكلة تلوث البيئة تعتبر في الوقت الراهن من اهم المشكلات التي تمثل تحديا خطيرا يواجه الانسان في العصر الحديث ، وقد شهدت السنوات الاخيرة اهتماما بالغا من المنظمات الدولية والاقليمية والهيئات العلمية وعلماء البيئة والاجتماع والسكان والعلوم الطبيعية المهتمين بالجانب الانساني في تلك العلوم ، ونظمت الكثير من المؤتمرات ، ورصدت مبالغ طائلة لدراسة مشكلة تلوث البيئة ، مما يدل على مدى خطورة الموضوع وما يستحقه من عناية ليس فقط من الدول المتقدمة صناعيا والتي تعاني اجواؤها ومياهها كثيرا من الاختناق نتيجة لازدياد ثاني اوكسيد الكربون والنفايات المتبقية من عمليات الاحتراق ، بل ان الامر يستحق عناية الدول النامية او الناهضة ايضا على الاقل حتى تستطيع ان تعد للامر عدته من الآن في نهضتها المقبلة واقبالها على التصنيع واستخدام مزيد من الطاقة .

بل انه يمكن القول ان المجتمعات النامية يقع عليها من العبء فيما يتعلق بموضوع الطاقة والمشكلات الاجتماعية المترتبة عليها اكثر مما يقع على عاتق المجتمعات المتقدمة ، او الاكثر تقدما . فالعالم المتقدم والدول الصناعية لها قدرات وامكانيات مادية ضخمة تمكنها من اجراء البحوث

في مجال تلوث البيئة من ناحية ، والسيطرة على الزيادة السكانية بها ، من ناحية اخرى ، في معدلات الزيادة وتحسين مستوى الحياة والمعيشة، وهي امور لا تتوفر للمجتمعات النامية . والاغلب ان استهلاك الطاقة بالنسبة للفرد خلال القرن المقبل سوف يصل الى حد الاستقرار والتوازن في الدول المتقدمة الصناعية ، وذلك على عكس الحال بالنسبة للدول المتخلفة التي يسكنها معظم سكان العالم . فالوضع في تلك المناطق يختلف كل الاختلاف عما هو سائد في العالم المتقدم ، اذ لا تزال الشعوب المتخلفة والنامية تجاهد لتحقيق ادنى مستوى للعيش ، وليست لديهم في الوقت الراهن على الاقل المصادر الضرورية للقوة اللازمة للتحول الى مجتمعات صناعية او حضرية او حتى زراعية متقدمة . فمثل هذا التحول يحتاج الى الطاقة . وهنا نجد سؤالا يتردد في كثير من الكتابات الاجتماعية وهو : هل يحق للدول المتقدمة ان تتيح للمناطق المتخلفة ما تحتاج اليها من طاقة لتحقيق تطورها الاقتصادي والاجتماعي المنشود ، والارتفاع بمستوى شعوبها وتقليل الفجوة القائمة الآن بين الشعوب المتقدمة والشعوب الاقل تقدما ؟ اليس من الاجدى الحد من استهلاك الطاقة والوقود لتقليل الآثار السيئة المترتبة على ذلك الاستهلاك ، وتجنيب الشعوب التي لم تصل بعد الى مرحلة الصناعة المتقدمة شرور التصنيع الاجتماعية ، وشر تلوث البيئة وشرور المدنية الحديثة على العموم ؟ وهذا قول ظاهره الرحمة وباطنه فيه العذاب ، وهو يعكس نظرة قديمة نجدها سائدة في كتابات الكثيرين من العلماء التطوريين في القرن التاسع عشر الذين كانوا ينكرون على الشعوب غير الاوروبية القدرة على التقدم وراء حدود معينة مرسومة ، بل اننا نجد ما يماثلها في كتابات بعض الانثربولوجيين في بداية هذا القرن ممن كانوا يرون ضرورة المحافظة والابقاء على الاوضاع الاجتماعية التقليدية السائدة عند الشعوب (البدائية) التي تعيش في حالة من السعادة والأمن والطمأنينة لا تتوفر ـ في راي هؤلاء العلماء ـ للرجل الاوروبي المتمدين في المجتمع الحديث . ومهما يكن من قيمة هذه الاراء ووجاهتها ونوع الدوافع التي توجهها ، فان محاولة فرض قيود على الدول النامية والمجتمعات المتخلفة فيما يتعلق باستخدام الطاقة ووضع حد لاستخدام الطاقة هناك يشبه ـ على ما يقول **تشونسي ستار** Chauncey Starr في مقال قيم له عن « الطاقة والقدرة Energy and Power » ـ محاولة الحد من موارد الماء او انتاج الطعام او النسل باساليب تعسفية ، وهو امر من شانه ان يؤدي الى الابقاء على المناطق والدول النامية في حالة التخلف والجمود التي تعيش فيها . وكما يرى ستار ايضا فان الانسان له قدرات خلاقة على تخطيط استخدام الطاقة وتنميتها بطريقة معقولة تتلاءم مع احتياجاته ، وتحقق له التقدم والرفاهية والنمو ، وان كان هذا يتطلب ضرورة الدراسة المتعمقة لعدد من المشكلات المتعلقة بمصادر الطاقة التي يجب استخدامها ، واين يجب توليد القوى ، واي المجتمعات يجب ان تتحمل اكثر من غيرها تأثير تلوث البيئة والهواء نتيجة لذلك ، خاصة وان مصادر الوقود يمكن نقلها عبر القارات باسعار زهيدة نسبيا وهكذا . (راجع في ذلك مقال تشونسي في مجلة Scientific American .

• • •

ولكن اين نقف نحن من هذا كله ؟

ولا شك ان ما يصدق على المجتمعات النامية او الناهضة التى تعرف عموما باسم المجتمعات المتخلفة ، يصدق على المجتمعات العربية وعلى المنطقة التى نعيش فيها بأسرها ، وذلك اذا نحن اخذنا بعين الاعتبار الجهود التي تبذل الآن للاتجاه نحو التصنيع وما يرتبط بذلك من محاولة التحكم فى مصادر الطاقة المتاحة واستخدامها لصالح السكان . واحد مصادر الطاقة هو الكهرباء التى امكن توليدها حتى الآن من بعض المشروعات المائية الهامة التي نفذت فى بعض بلاد المنطقة ، وهى مشروعات تهدف الى زيادة الطاقة واستغلالها فى التصنيع بعد ان كانت المنطقة حتى عهد قريب تعتمد اعتمادا يكاد يكون مطلقا على الزراعة . الا ان الوضع يتخذ ابعادا اخرى اعمق من هذا بكثير حين نأخذ فى الاعتبار وجود البترول فى المنطقة باعتباره احد مصادر الطاقة التقليدية التى تلعب دورا أساسيا فى تشكيل الاوضاع الاقتصادية والسياسية والاجتماعية فى العالم فى الوقت الحالى . ومقال الدكتور محمود امين يعطى فكرة عامة عن الاوضاع البترولية فى المنطقة وفى العالم . والدور الذى يلعبه ـ ويمكن ان يلعبه فى المستقبل ـ البترول فى اقتصاديات وسياسة المنطقة . ولقد ظلت هذه المنطقة تقوم بدور سلبى الى حد كبير ازاء البترول ، اذ تكتفى بتصديره الى الخارج مع قيام صناعات قليلة ومحدودة ، ولكن لا شك ان الاتجاه الحالى نحو التصنيع والتحول من مجتمع رعوى زراعى الى مجتمع صناعى ، او على الاقل مجتمع يجمع بين الزراعة والصناعة سوف يتطلب بالضرورة الاعتماد المتزايد على البترول كطاقة لتشغيل المصانع . ومع الخير العميم الذى ينتظر ان ينجم عن الاتجاه نحو التصنيع ، ومع ارتفاع مستوى المعيشة ، ومع التقدم الحضارى الذى يرتبط بالصناعة ، لا بد من ان تعانى المنطقة وشعوبها من الآثار السيئة المرتبطة بالتصنيع ، وباستخدام الطاقة فى مختلف المجالات . ولكن مع ذلك فالذى نرجوه هو ان تأخر هذه المنطقة زمنيا فى استخدام الطاقة قد يساعد على ان نستفيد من تجارب الآخرين وان نتجنب بحسن التخطيط كثيرا من تلك المساوىء والآثار السيئة الضارة التى يعمل الباحثون والعلماء فى العالم الغربى على ايجاد حلول لها لتحقيق مزيد من الخير للانسان .

والواقع أن الطاقة تصبح فى متناول الانسان حين يكشف عن مصادرها وينجح فى التحكم فيها ويتغلب على مشكلة تحويلها من شكل لآخر فى الوقت المناسب والمكان الملائم ، وبطريقة اقتصادية او تكاليف معقولة . ولكى يتحقق ذلك ـ لا بد له ان يعتمد على مختلف انواع محولات الطاقة . وقد شمل مقال الدكتور احمد ابو زيد عن « الطاقة والحضارة » تطور استخدامات الانسان للطاقة بأشكالها المتنوعة فى مختلف مراحل التطور الانسانى .. منذ ان كان الانسان مصدر الطاقة التى امدت الانساق الثقافية والحضارة الاولى بالقوى المحركة ..

ومقال الدكتور ابو زيد يعرض لارتباط الطاقة بحياة الانسان نفسه ، فمع كل هذا التقدم المرتبط بالطاقة ، فانه لا تزال هناك مجالات اخرى جديدة سوف يرتادها الانسان فى المستقبل ويحقق فيها مستويات من الحضارة اعلى بكثير من كل ما امكنه الوصول اليه حتى الآن ..

عبدالمحسن صالح

الطاقة طبيعتها وصورها ومنابعها

تمهيد :

اذا كانت المادة هى جسد هذا الكون المنظور ، فان الطاقة هى روحه الخفية ، وصورته المتحررة ، وقوته الدافعة !

واذا كانت المادة تبدو لنا كشىء مختلف تماما عن الطاقة ، وان ظاهر امرهما يضعهما لنا كحقيقتين منفصلتين ، الا انهما ليستا فى الواقع كذلك .. فبواطن الامور تشير الى انهما وجهان لشىء واحد .

فالمادة طاقة ، والطاقة مادة !

بمعنى أوضح نقول : ان المادة طاقة متجسدة ، وان الطاقة مادة متحررة .. فالاصل فيهما واحد ، وان اختلفت الظواهر ، وتعددت السمات ، وتباينت الصفات ، ومن هنا فان احداهما قد تتخلى عن صفاتها ، لتظهر بالاخرى ، فاذا اختفت المادة فان ذلك لايعنى

فناءها وزوالها ، بـل يعني فقط ان المادة قـدتحررت من ماديتها وتجسيدها لتنطلق على هيئة موجـات متحررة ذات طاقات محـددة .. واذاظهرت المادة ، كان ذلك نتيجة حتمية « لاعتقال » الطاقة المنطلقة وتكثيفها او « حبسها » على هيئةجسيمات اولية لتبنى منها ذرات المادة التى ينشأ بها كل ماق الكون من صوره المنظورة والخافية ..حية كانت هذه الصور او ميتة جامدة .

كانما الطبيعة تلعب امام عيوننا ، وفى خباياعقولنا لعبتها الازلية التى تصورها الانسان قديما فى اساطيره .. ومع ذلك فقد تحققت الاساطير ،وتجسد الخيال بطريقة اخرى اعظم فائدة ، واكثر اثـارة مما تصـوره الاقدمون .. فعندما ادرك الانسـان سر الحقيقة التى تتراءى له فى كل ما حوله من صور طبيعية ، واخرى متحررة ، استطـاع ان يخضع المادة لسيطرته ، وان يروض الطاقـة لخدمته ، وان يحولها من صورة الى اخـرى ،لتتجلى له باوجه شتى ، له فيها فوائد كبرى ، وكنوز لاتفنى !

ولقد كان الانسـان ـ من قديم الزمن ـ هوالمخلوق الوحيد الذى بدا يلاحظ ويتامل قـوى الطبيعة وهى تعبر عن نفسها بوسائل متباينة ،وتبدو له باقنعة متعددة .. فمـن رياح تزمجر وتعوي ، الى سحب فوق راسه تسبح وتجرى ،الى امطار تهطل ، وسـيول تجرف .. الى برق ورعد وزلازل ، وبراكين .. الى آخـر هـذهالظواهر المثيرة التى سيطرت على تفكيره البدائى، فاثارت فى نفسه الخوف والرهبة ، ولم يكن وقتهايملك من امره شيئا الا ان يطلق لخياله العنان ، فيحيك الاساطير ، ويعيش فى الاوهام ، ويخترعلكل قوة من هذه القوى الرهيبـة الها أو آلهـة يحسب حسابها ، ويقدم القرابين خوفا من باسها،وطمعا فى رضائها ..

ثم جاء على الانسان حين من الدهر وان فيهعلى عقله خيال غريب ، فبدا يحلم احلام يقظة تصور فيها قوى جبارة غير منظورة ولا ملموسة ،لكنها قد تتجسد ـ كما تخيل ـ فى جن وعفاريت ، لها طاقات خارقة تنهب بها المسافات نهبا ، وتدكالحصون دكا ، كما انها بقادرة على ان تبيد المدن فى لحظة من زمن ، وتنقل العروش فى اقل من لمحالبصر .. الى آخر هذه التصورات التى سيطرت على العقول ردحا طويلا من الزمان (ولا زالت) ،دون ان يجنى البشر منها شيئا مذكورا ، غير خداع السذج ، وسلب اموال الجهلاء والبسطاء !

واخيرا استيقظ صوت العقل فى الانسانبعد ان عاش دهورا فى الاحلام ، واستمع الانسان الى صوت العقل ، وبدات الاساطير تتحول الىحقائق ، والحقائق الى انجازات علمية هائلة .

فعندمـا ادرك العقـل البشرى ماذا تعنيـهالطاقة بالنسبة للكون والحياة ، ثم عرف كيف يسيطر عليها باختراعاته المختلفة ، ويهيمن عليهابصورها المتعددة ، وينصب لها مصائد وشباك خاصة ، ليحولها من طراز الى آخر اكثر فائدةواعظم رخاء ، تفتحت له منابعها الهائلة ، وهنا تحولـت الامور تحـولا جذريا فى حيـاة الدولوالجماعات ، واصبحت القوة فيها لاتقاس بما لديها من بشر ومن رباط الخيل ، ولكن بما تمتلكهمن طاقات ، وبما تسخره لها من مصانع وآلات.. وعندئذ تخلى الانسان عن تسخير عضلات البشروالحيوان ، وسخر بدلا منها وسائل ميكانيكية تنجز فى ساعات ما لا يستطيع مئات مـن البشرالاقوياء ان ينجزوه فى سنوات ، وهكذا تميزت الدول المتقدمة على الدول النامية والمتخلفة ..ومن وراء ذلك قوة تنبع من العقل ، وسر يكمن فى الطاقة !

الطاقة : ماهي ؟

لئن سألوك عن سر الطاقة ، او جوهرحقيقتها ، فقد لاتملك الا ان تجيب كما اجاب الرسول الكريم عن الروح عندما سألوه عن ماهيتها ، فجاء جوابه على لسان القرآن المجيد « ويسألونك عن الروح ، قل الروح من أمر ربي ،وما أوتيتم من العلم الا قليلا » .. كذلك نقول : وسر الطاقة ايضا من أمر الله ، فلا نعرف من جوهرها الا ظاهرها ، ولا ندرك من حقيقتها الا اثرها الذى يبدولنا بأوجه شتى .

ورغم ان الطاقة كلمة قد اصبحت الان تتردد على كل لسان ، ورغم كثرة **المؤتمرات** الدولية التى تنعقد من اجل الطاقة ، فليس هناك تعريف مقبول لمعنى الطاقة وحقيقتها .

« **دائرة المعارف العلمية والتكنولوجية** »تقدم تعريفها عن معنى الطاقة فتقول « الطاقة هي القدرة على فعل الشغل » ـ وتستطرد ـ بعدان تقدم بعض الامثلة الموضحة لهذا المعنى ـ فتقول « الطاقة كالشغل ـ كمية غير موجهة .. فوحداتها كوحدات الشغل وتتضمن قدم/رطل وارج Erg و جاول Joule (ليست جول كماينطقها البعض) وكيلوواط/ساعة » .. وبعد هذا تسرد مدلولات الطاقة ومنابعها .

وفى كتاب « الطاقة » يتساءل **جلين ت.سيبورج** ـ رئيس لجنة الطاقة النووية الامريكية فى المقدمة التي كتبها « لكن .. ماهى الطاقة على وجه التحديد ؟ » .. ويجيب على ذلك « انها ليست شيئا نستطيع ان تكتشفه دائما بالاحاسيس ، فلو ان فيزيائيا اراد ان يصف تفاحة لانسان لم يرها فى حياته ، فانه قد يضع التفاحة على منضدة ويدعه ليتحسسها ويشمها ويتذوقها ، لكن الطاقة لايمكن ان توضع بمثل هذه البساطة على المنضدة ، لان الطاقة تستطيع ان تبدو على هيئات كثيرة ، فهى قد تظهر على هيئة طاقة حركية Kinetic أو كامنة Potential » .. الخ .

ويقول عنها الفيزيائى **ميشيل ويلسون** فى كتابه « الطاقة » « ان ادراك الطاقة ذاتها امر صعب ، خصوصا وانها وافد جديد على صرح المعرفة .. فلكونها لاتلمس ولا ترى ، فانه من الممكن تخيلها فقط فى عقل الانسان .. لقد كانت المادة دائما سهلة الانطباع فى ادراكنا ، لانها شيء له كتلة ، كما انها تشغل مكانا فى الكون ، ولهذا نراها ونشمها ونلمسها .. فانت تستطيع ان ترى حجرا يندفع نحوك ، ثم تشعر بالالم عندما يصيبك ، لكن من الصعوبة بمكان ان تتخيل وجود شيء غير ملموس فى هذا الحجر المتحرك (يقصد الطاقة المحركة له) وسرعان ما يختفى (هذا الشيء) عندما يصل الى الارض (ويتوقف) .. لكن تفكير الانسان فى الاشياء المتحركة هو الذى طور معرفته من البداية عن مفهومنا للطاقة .. وهو مفهوم سيقودنا فى النهاية الى اعتبار ان الطاقة شيء شامل لكل قوى الكون » .

وعندما ينظر العالم المرموق **سير جيمس جينز** الى العوالم الدقيقة التى تكون الذرات فالمادة ، نراه يعبر عنها فى كتابه « الفيزياء والحقيقة » فيقول :

ان دراساتنا لن توصلنا قط الى جوهر الحقيقة ، وسيبقى معناها الحقيقى وطبيعتها الاصيلة خافية علينا الى الأبد !

وايا كانت **الامور ، او مهما اختلفت المدارك ، وتفاوتت المدلولات ، وتباينت الشروح والنظريات ،**

فان لغز الطاقة فى مجال العلم ، كلغز الروح فى مجال العقيدة والدين .. صحيح اننا لا نرى الروح رؤية العين ، كما انه لايمكن السيطرة عليها لاثبات وجودها ، ولكن الطاقة ــ رغم عدم ادراكنا لسر جوهرها ــ تلعب فى الكون دورا هائلا ، كما انها هى التى تهيمن على حياتنا ، وتوقد فينا جذوة « الروح » .. اى انها هى الروح فى الجسد ، فاذا اختفت هذه النظام ــ نظام الجسد ــ . وعلى الوتيرة نفسها تقول : ان كونا بغير طاقة ، كجسد بدون روح .. او طاقة ايضا .. فالأمر سيان ، لاننا لاندرك سر هذه ، ولا تلك ، فاذا اردنا ان ندرك طبيعتها فى نظام ، اشاحت بوجهها ، وتجلت لنا بطبيعة اخرى قد نحسبها مختلفة عن الاصل الذى منه قد نبعت ، الا انها ليست الا شيئا واحدا ، وان اختلفت معاييره .

والطاقات تلعب فى داخلنا وامامنا وحولنا والى مالانهاية لعبتها الازلية الخالدة .. فجميع النظم الكونية من أول الجسيمات والذرات ، الى المخلوقات والارض والسماوات تزخر بطاقات لتوقف درجاتها على مايستطيع ان يطلق هذا النظام ، او ما يستقبله ذاك .. ولولا تلك الرحلة الابدية التى تقفز فيها الطاقات ، وتنطلق فى ارجاء الكون على هيئة موجات ، اقدارها مختلفات ، لتوقف كل شيء فى الوجود ، ولانطفات الشموس واظلمت السماوات ، وابيدت المخلوقات .

فلو رجعنا مثلا الى **الطاقات البيولوجية** التى تنطلق فى اجسامنا ، لوجدنا انها تظهر فى صور شتى .. فمن طاقة حرارية الى حركية (ميكانيكية) الى كهربية الى كيميائية الى افرازية الى امتصاصية .. وكل هذه الاوجه المختلفة ظاهريا منبعها اساسا طاقة ضوئية ، سقطت يوما من الشمس على النباتات الارضية ، وبتفاعل حيوي خاص اسمه « التمثيل » المنصوبة فى النبات الطاقة الشمسية ، واختزنتها فى جزيئات عضوية على هيئة طاقة كيميائية ، وعندما تنطلق هذه الطاقة تتحول بدورها الى صور اخرى .. فقد تكون وقودا للآلات ، فتؤدى الى طاقة ميكانيكية ، والميكانيكية قد تتحول الى كهربية ، والكهربية الى ضوئية او حرارية او حركية او موجات اذاعية او كيميائية . وهكذا تدور الطاقة ، فتختفى بوجه ، وتظهر بوجه آخر .

والطاقة الشمسية بدورها قد انبثقت من تحرير المادة وانطلاقها على هيئة طاقة حرارية وضوئية واشعاعات كهرومغناطيسية غير منظورة لعيوننا ، لكن هناك اجهزة حساسة تستطيع تسجيلها واثبات وجودها . وتستقبل ارضنا جزءا ضئيلا من الطاقة الشمسية ، وبه تنطلق طاقات اخرى شتى .. فمن نسيم يسرى ، الى اعاصير تدمر ، الى تيارات بحرية تجرى ، الى امواج تتلاطم ، الى مياه تتبخر ، الى مخلوقات تتحرك ، الى آلات تدور ، الى حضارة تشيد .. الى صراع على الطاقة ..

يعنى هذا ان الطاقة ــ وان اختلفت طبائعها ، وتباينت مظاهرها ــ ليست فى الحقيقة الا جوهرا واحدا ، لكنها قد تدخل من « الباب » بوجه ، وتخرج من « النافذة » بوجه آخر ، او قد تلج هذا التكوين او ذاك كضوء ، فتخرج منه على هيئة طاقة كهربية او كيميائية او حرارية .

والواقع ان الانسان ــ من قديم الزمن ــ قد استنبط المكاييل والموازين والاطوال ليتخذها كوحدات معينة ، فيحدد بها ما يقابله فى حياته من مادة حاله ، فنحن نستخدم الآن الكيلو متر والمتر والسنتيمتر والمليمتر كوحدات للمسافات ، والطن والكيلو جرام والجرام كوحدات للموازين ، والاردب والكيلة والقدح كمعايير للحبوب ، والبرميل والجالون واللتر كمقاييس للسوائل .. وكل هذه معايير مادية لا تنفع كوحدات للطاقة .. فنحن لا نستطيع ان نقيس الاستهلاك الكهربى

بالاردب ، ولا الطاقة القـولية بالبرميـل ، ولاالطاقة الحيوية بالمتر او السنتيمتر ، وكان لا بد والحال كذلك من لجوء العلماء الى استنباط وحدات اخرى ليحددوا بها اقدار الطاقة وكمياتها .. فما هي هذه الوحدات ؟

• • •

وحدات الطاقة

في حياتنا العادية قد نستخدم كلمة الطاقة بمفهومها غير المحدد ، فنقول مثلا عن زيد من الناس انه انسان ذو طاقات لا تعرف الكلل ، اوان هذا العمل فوق طاقة الشخص خاصة ، وطاقة البشر عامة ، واحيانا اخرى قد نصف المجهودالعقلي بطاقة فكرية تتراوح ما بين انسان وانسان .. صحيح اننا لا نستطيع ان نضع الطاقة الفكرية في موازين ملموسة ، ولا ان نقيمها بمعايير معروفة ، لكننا مع ذلك نستطيع ان نحتكم الى الانتاج العقلي المسجل في مجلدات وكتب للتمييز بين الطاقات الفكرية التي تنبع من امخاخنا .. فيقال مثلا انانتاج « س » الفكري قد فاق كل انتاج مماثل ، او ان « س » له خمسون او مائة او الف مؤلف اوبحث او اختراع .. الخ ، ومع ان هذه لا تدخل تحت معايير علمية كالتي نستخدمها في تحديدالطاقات الاخرى ، كأن نقول مثلا ان طاقة « هـ » الفكرية تساوي كذا سعرا (بضم السين وتسكين العين) حراريا ، او كذا كيلو واط / ساعة ، او كذا مترا او حصانا .. الخ ، الا انه من المؤكد انمن وراء افكارنا طاقات حيوية تجري في امخاخنا ..

والطاقات الفكرية كالطاقات الطبيعية .. فلكي تستثمر هذه او تلك ، كان لا بد من تهيئة المناخ المناسب ، او الوسيلة الفعالة لكي تظهر ثمارها ، وتجني المجتمعات عائدهما .. فكم من مجتمعات قضت على مفكريها ، وكم من دول شردت خيرة عقولها .. ذلك ان افكارهم الجديدة الرائدة لا تتمشى مع الافكار الموروثة البالية .. وهي هنا بمثابة من يستخرج من الارض ثروات هائلة ، لم يكتز عائدها ؛ دون ان يديره في مشروعات تدر على البلاد خيرا وفيرا .. فالفكر المقيد ، كالمال الحبيس ، كالطاقة الكامنة في طبائع الاشياء ، ولكي يكون لكل هذا فائدة ، فلا بد من تحرير الفكر من قيوده ، والمال من خزائنه ، والطاقة من مادتها ..

ومع ان الطاقة الفكرية متروكة لتقديرك ، الا ان معايير الطاقات الاخرى شيء محدد استخلصناه بالمعادلة والقانون .. فالمعادلة تعني التوازن ، والقانون يعني النظام ، وعلى اساسهما سار كل شيء في الكون بحساب ومقدار .. صحيح اننا نطلق الاسماء لنحدد بها طبائع الاشياء ، لكن ذلك سيقودنا الى الاسس التي قامت عليها وحدات المادة والطاقة والزمن والمسافة والكتلة .. الخ ، وطبيعي انك قد مررت على هذه التعريفات ـ اي الزمن والطاقة والكتلة .. الخ ـ وانت تحسبها اشياء منفصلة لا تربطها رابطة ، ولا تؤلف بينها علاقة قائمة ، لكن ذلك ليس صحيحا ، فالكل في واحد ، والواحد في كل ..

فللطاقة الذرية وحداتها ومقاييسها ، وللطاقة الحرارية وحدات اخرى ، وكذلك للطاقة الضوئية والكهربية والميكانيكية والكيميائية والبيولوجيـة .. الخ ، ومع ذلك فمن الممكن ـ من حيث المبدأ ـ ان نحول كل قيمة من الطاقة الى قيمة اخرى ، ولذلك اساس عظيم مشيد في طبيعتها ، فاصل الطاقة ـ كما سبق ان ذكرنا ـ واحد ، لكن ظهورها باوجهها المتعددة دفعنا لكي نحدد لكل وجه وحدات قياسية مناسبة .

فالعالم البيولوجى او الكيميائى يقدر الطاقةالحيوية او الكيميائية بالكالورى او السعر الحرارى ، لم يضع له قيمة ثابتة محددة ،فاحيانا يذكر فى حساباته كيلو كالورى ، واحيانا اخرى يذكر الكالورى .. تماما كما نقدر نحوالوزن بالكيلو جرام وبالجرام .. فالكيلو كالورى يساوى الف كالورى ، والكالورى يساوى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة ، وبالتحديد من ٥ر١٤ـ ٥ر١٥ درجة مئوية ، والكيلو كالورى فيه كمية من الحرارة تساوى الف مرة قدر القيمة الموجودةفى الكالورى .. وطبيعى ان عالم البيولوجيا مثلا سعيد بوحدات طاقاته ، وهو يستطيع ان يحددالطاقة الكامنة فى كل نوع من انواع الاطعمة التى نتناولها ، فيذكر مثلا ان الزبد ذو قيمة حراريةعالية ، وان الخضروات ذات قيمة حرارية منخفضة ، ولهذا فعلى الذين يريدون باجسامهم البدينة نحولا ، الا ياكلوا الاطعمة ذات القيمة الحرارية او السعر او الكالورى الحرارى المرتفع ،بل عليهم ان يملاوا بطونهم باطعمة ذات قيمة حرارية منخفضة او معتدلة .. ذلك ان كل شيءهنا مقدر ومحسوب ، وكانما هناك موازين حساسة منصوبة داخل خلايانا وانسجتنا ، ولاشك ان للجسم الحى هنا ميزانية خاصة تخضع لاصول السحب والادخار .. فالذى يبذل مزيدا من الطاقة ، يحتاج الى سحب جزء من الرصيد المخزون فى جسمه ليحترق ، فيمده بفيض من الطاقة ، وقد يعوض ما سحب برصيد جديد من الطعام .. المهم الا نسرف ولا نقتر فى السعرات الحرارية حتى تعتدل الموازين فى اجسامنا ، فتعتدل معها الحياة .

هذا ويبين الجدول التالى الطاقة التى يبذلها شاب فى خلال يوم كامل موزعة على انشطته المختلفة التى يمارسها فى يومه .

نوع النشاط	الزمن المستنفد فيه بالدقيقة		الطاقة (كيلو كالورى / دقيقة)	المجموع
وهو نائم أو مستلق فى سريره	٤٥٧	×	١ر٣	٥٩٤
وهو جالس	٦٢٠	×	١ر٦	٩٩٢
وهو واقف	١٢٥	×	٢ر٢٥	٢٨١
اثناء اغتساله وملبسه	٤٢	×	٢ر٩	١٢٢
عمله الروتينى المكتبى	٧٠	×	٣ر٠	٢١٠
اثناء المشى	٩٦	×	٥ر٦	٥٣٦
وهو يركب دراجة	٣٠	×	٦ر٤	١٩٢
	١٤٤٠ دقيقة (اى يوم كامل)			٢٩٢٧ كيلو كالورى

لاحظ ان استهلاك الطاقة بالسعر الحرارى يزيد كلما زاد نوع النشاط .. فالانسان يبذل طاقة ـ وهو يركب دراجة ـ اكبر بحوالى اربع مرات من الطاقة المبذولة وهو يمشى .. ولا شك ان لاعب الكرة يبذل فى مبارياته طاقات اكبر واكبر .. كذلك نحس بالطاقة المبذولة ونحن نصعد السلالم .. وكلما زاد وزننا ، بذلنا طاقة اكبر ، والعجائز الذين يحيون حياة هادئة رتيبة يبذلون طاقة اقل من الكهول ، والكهول اقل من الشباب . والرجال اكبر من النساء .. الخ ، ولكى يكون لكل هذا قيمة مقارنة ، فلا بد ان نضع له معايير محددة ، فنقول مثلا ان الطاقة المبذولة

مقدرة لكل كيلو جرام في كل دقيقة او ساعة ، اولكل مساحة محددة من سطح الجسم .. فالانسان الذى يزن ٧٠ كيلو جراما ، ويبلغ طوله ١٨٠سنتيمترا تصل مساحة جسمه الى حوالى ٩ر١ مترا مربعا .. فاذا كان يبلغ من العمر ٢٥ عاما ،ويبقى في سريره في راحة تامة ، فانه يبذل ٦٥ر٠ كيلو كالورى / دقيقة / متر مربع .. هذا ويوضح**شكل ١ أ** الطاقة التى يبذلها افراد مختلفون في اليوم الواحد ، وشكل **١ ب** يبين مستويات الطاقةالتى يبذلها فرد واحد في انشطته المختلفة .

ومع ذلك فقد قدر العلماء الطاقة التىيستهلكها جسم انسان بالغ في المتوسط يوميا بالوحدات الحرارية بحوالى ٣٥٠٠ كيلو كالورى.. لكن من الميسور ايضا حساب هذه الطاقة بوحدات اخرى ، فهى تعادل ١٣٨٩٥ وحدةحرارية بريطانية B.T.U. (British Thermal Unit) .. وهذه الوحدة الجديدة تنبثق من كون البريطانيين يستخدمون الرطل بدلا من الكيلو جرام ، ودرجة الحرارة الفهرنهيتية Fahrenheit بدلا من المئوية ، ولما كان الرطل يساوى ٥٩٢ر٤٥٣ غراما ، والدرجة الفهرنهيتية تساوى٥٥٥ر٠ من الدرجة المئوية ، فان الوحدة الحرارية البريطانية تساوى٢٥٢ر٠ كيلو كالورى،او ان كل كيلو كالورى يساوى ٩٧ر٣ وحدة حرارية بريطانية .

او قد تصل طاقة هذا الانسان في اليوم الواحد الى ٥٠٠ر٦٤٧ر١٤ جاول او ٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٤٧٥ر١٤٦ ارج ، او ٠٠٠ر٧٨٧ر١٠ رطل / قدم ، او ٤ كيلو واط / ساعة او ٣٦ر٥ قدرة حصان .. الخ .

فماذا يعني كل هذا ايضا ؟

يعنى ان هذه الوحدات تستخدم في مجالاتشتى ، لان الطاقة اوجها متعددة .. فهي قد تجر شغلا ، او تضىء مصباحا ، او تدفع سيارة،او تنتج بخارا ، او ترفع سحابا ، او تطلق صاروخا ، او تحيى انسانا وتميت آخر .. الخ .

وتعنى ان لكل شيء في الكون طاقة محددةومحدودة .. فانطلاق الجسيم الذرى في مجالات القوى التى تتسلط عليه ، او انفلاق نواة ذرةواحدة لتنتج طاقة محددة .. الى آخر هذه المعايير الذرية الدقيقة ، نرى علماء الطبيعة الذريةيستخدمون وحدة الاليكترون ـ فولت .. وتلك الوحدة عبارة عن الطاقة التى يكتسبها اى جسيميحمل شحنة كهربية (ولا يهم ان كان الجسيم اى جسيم آخر غير الاليكترون ـ المهم ان يكون لهنفس الشحنة التي يحملها الاليكترون ـ سالبة كانت هذه الشحنة ام موجبة) عندما يتخطىمجالا كهربيا فرق الجهد فيه فولت واحد .. فانفلاق نواة ذرة يورانيوم واحدة لتنتج طاقةتساوى ٢٠٠ مليون اليكترون ـ فولت .. هذا بالمقارنة الى ٤ اليكترون ـ فولت الناتجة مناحتراق ذرة فحم واحدة وتحولها الى ثانى اوكسيد الكربون .. ويعنى هذا ان الطاقة النوويةهنا اكبر بحوالى ٥٠ مليون مرة من الطاقة الكيميائية (اى الاحتراق) .. ورغم ان الرقم الناتج من فلق نواة اليورانيوم رقم كبير (اى ٢٠٠ مليون اليكترون ـ فولت) ، الا انه بالمعايير التىسبق ان ذكرناها لا يعد شيئا مذكورا ، فمن الممكن تحويل هذه القيمة الى كالورى او ارج او قدرةحصان او واط .. الخ .

فالشحنة الكهربية التي يحملها الاليكترونتساوى ١٦...............، كولوم .. والفولت يساوى جاول ــ كولوم ، ومن هنانجد ان طاقة الاليكترون ــ فولت تساوى ايضا نفس القيمة السابقة بالجاول ، والجاول اكبر من الارج بمليون مرة ، ولهذا فان طاقة الاليكترون فولت تساوى ١٦..........، ارج ، اويعنى ان جسيما يندفع بطاقة تقدر بمليون مليون اليكترون ــ فولت يحمل طاقة تساوى ١٫٦ ارج ،ومثل هذه الجسيمات ذات الطاقات العالية تندفع الى ارضنا من الفضاء ، ونعرفها باسم الاشعة الكونية التي لو تعرض لها الانسان والحيوان لدمرت ذراته وجزيئاته ، لكن الغلاف الهوائى فى طبقات الجو العليا يقف نيابة عنا كمظلة واقية ليحمينا من بلائها .

والواقع ان هذه الوحدات تعنى الكثير فى حياة العلماء كما يعنى المتر والساعة والكيلو جرام شيئا فى حياتنا ، **ورغم اننا نفصل بين هذه المدلولات فى حياتنا ، نرى ان صور الطاقة تجمع بينها فى معادلات رياضية خاصة .. فلكى تعرف طاقتك او طاقة اى شيء متحرك ، كان لا بد ان تضع له وحدات خاصة من الكتلة والزمن والمسافة والمقاومة والجاذبية .. الخ ..** فبدلا من ان يضيع العالم وقته ، ويصدع راس من يتحدث اليه فيقول على سبيل المثال : جرام واحد مضروب فى سنتيمتر واحد ومضروب فى نفسه مرة اخرى ومقسوم على مربع الزمن مقدرا بالثانية ، نراه يختصر كل ذلك على هيئة كلمة أو وحدة هي :الارج ــ أو يمكن التعبير عنها هكذا :

الارج = ١ داين ــ سم = ١ جم × سم ٢ / ثانية ٢ .

وطبيعي ان مثل هذه الوحدات لغة شفرية خاصة يتفاهم بها العلماء فيما بينهم ، ويعلمون ماذا تعنى ، ومن اين جاءت ، وكم تساوى .. الخ، فالارج مثلا وحدة من وحدات الشغل ، والشغل ــ كما ذكرنا ــ صورة من صور الطاقة ، أو هو الشيء الذى يعبر عن كمونها فى ذرة أو جزيء او حجر موضوع فى قمة الهرم الاكبر .. فعندمايتطلع احد العلماء الى تلك الكتل الهائلة التي وضعها قدماء المصريين على ارتفاعات مختلفة ،فانه بلا شك قد يعود بذاكرته آلاف السنين الى الوراء ليقدر الطاقة التي بذلتها عضلات آلاف الرجال ، لترفع مثل هذه الكتل الجبارة وتضعها فى مكانها هناك .. وقد يخرج من جيبه ورقة وقلما ، ويجرى عدة حسابات ، ويكتب بعض معادلات ، ويخرج من ذلك بنتيجة غريبة ، ويقول مثلا : ان طاقة الرجال لم تذهب هباء ، فهي لا زالت **طاقة كامنة** Potential Energy فى تلك الكتلة الموضوعة على ارتفاع مائة متر ، وتقدر بكذا ارج ، او فى تلك التي تعلوها بثلاثين مترا اخرى ، وفيها من الطاقة الكامنة نصيب اعظم ، لانها اخذت من مجهود الرجال مجهودا اضخم ،وتقدر طاقتها مثلا بكذا قدرة حصان ، او سعر حرارى .. الخ ، وقد يذهب الى ابعد من ذلك ويقدر لنا الطاقة الكلية التي بذلها الاجداد فى اقامة هذا البناء الشامخ ــ احدى معجزات الدنيا السبع الباقية على مر الزمان .

صحيح انك لا تستطيع ان تلحظ تلك الطاقة الكامنة فى كتلة ترتفع عن سطح الارض (ارضية الهرم فقط اى سفحه) بحوالى ١٤٠ مترا ــ ولكن عليك ان تتصور ان شيئا ما قد خلخل هذا الحجر ، وتركه يسقط من عليائه ، عندئذ سوف يصيب الرعب القاتل الجموع البشرية الموجودة عند سفح الهرم .. فسقوط الحجر الضخم واندفاعه بقوة هائلة ــ بفعل قوة اخرى تعرف بالجاذبية ــ يعنى الموت والدمار لكل من ومايصطدم به هذا الحجر .. بشرا كانوا هم او حيوانات او سيارات .. الخ .

لقد تحولت الطاقة الكامنة الى **طاقة حركة** Kinetic Energy .. صحيح أنها طاقة غير موجهة ، لكنها لو وجهت لتقوم بشغل أو عمل ،لاعطتنا الطاقة ذاتها التى بذلها قدماء المصريين فى رفعها الى مكانها من الهرم ضد الجاذبية الارضية.. وهذا يعنى ـ فى سياق الحديث ايضا ـ ان الجاذبية قوة اخرى غير منظورة ، ولا يظهرمفعولها الا فى وضع الاشياء فى مستويات من الارتفاع مختلفة .. فكلما كان ارتفاع الحجر اواى شىء آخر كبيرا ، وكانت كتلته ايضا كبيرة ، فانه ـ بلا شك ـ يحتوى على طاقة كامنة اكبر من حجر مساو له فى الوزن ، لكنه موضوع فى مستوى اقرب من سطح الارض .. لكن الذى يحدد ذلك كله معادلات رياضية تتناول الكتل والمسافات والزمن .. الخ ، وعلى اساسها تحسب القوى الدافعة للصواريخ والقذائف والسيارات والروافع وما شابه ذلك .

وقد تعود الى ذلك العالم الذى يقدر الطاقةالكامنة فى ذلك الحجر الموضوع هناك على ارتفاع معين فى الهرم ، وعندما يحدد مسافته ، وزمن سقوطه ، وكتلته ، والمجهود الذى بذل فى قطعة من الجبل الشرقى وسحبه الى البر الغربى على صفحة النيل .. الخ ، قد ينظر اليك ويقول : حسنا .. ان هذا الحجر قد اخذ من سواعدالرجال الشىء الكثير ، ثم قد يقدم لك رقما هائلا ويقول .. ان حساباتى تشير الى رقم يتجاوز ٧٨٫٤٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠ ارج ... وقد يومىء براسه ويستطرد قائلا : ان الارج وحدةمن وحدات الشغل ضئيلة ، ولكى تتصور مقدارها انظر الى هذه القطعة المعدنية التى لا تزن اكثر من عشر جرامات ، فعندما اسقطها من بين اصابعى الى الارض لتقطع مسافة تقدر بثلاثة اقدام ، فان طاقتها الدافعة قد تصل الى مليون ارج ، او ان الضغط باصبعك على احد حروف الآلة الكاتبة لتكتب حرفا واحدا يستلزم منك شغلا تصل طاقته الى حوالى مليون ارج ، او عندما ترفع حجرا وزنه رطل واحد الى اعلا لمسافة قدم واحدة اى (رطل/قدم) فانك تكون قد بذلت طاقة تقدر بحوالى ١٣٫٥٨٥٫٠٠٠ ارج (او حوالى ١٫٣٦ جاول * .. لان كل جاول يساوى عشرة ملايين ارج) ... وعندما ترفعه ثلاثة اقدام ضد الجاذبية الارضية ، فان الطاقة المبذولة تساوى ٤١٫٥٥٠٫٠٠٠ ارج .. او عندما تكرر عملية رفع الحجر لمسافة قدم ما يقرب من ثلاثة الاف مرة ، فانك تكون قد بذلت طاقة تقدر بحوالى ٤١٫٥٥٠٫٠٠٠٫٠٠٠ ارج ، او ربما يعادل كيلو كالورى واحد وهذه يمكن الحصول عليها من حرق الطاقة الكامنة فى حوالى رطل من الخبز ، او ١٨٢ جراما من الشيكولاته ، او ١٢٥ جراما من الزبد ، او لترين من البيرة ، او لتر ونصف لترمن اللبن .. الخ .

يعنى هذا ايضا ان الطاقة الكامنة فى الحجروالتى حسبها لنا العالم بمعادلاته توازى ١٫٨٧٠٫٠٠٠ كيلو كالورى ، او حوالى ٢٩٢١ قدرة حصان ، او الطاقة الكيميائية المتحررة من احتراق ٢٠٧٨ كيلو جراما من البطاطس ، او بمايعادل ٢١٨٠ كيلو واط / ساعة .

والكيلو واط / ساعة بدوره يؤدى شغلا ليس بالهين .. فلو تحولت الطاقة الكامنة فيه الى حرارة لصهرت لنا ثلاثة كيلو جرامات من المعدن ، او لصنعت عشرة أمتار من القماش ، او لحولت ١٥ كيلو جراما من الحبوب الى دقيق ، او لخبزت مائة رغيف ، او لحلبت ٤٥ بقرة ، او لجزت صوف ١٥ خروفا ، او لغلت ماء عشرة غلايات كاملة من الشاى (وحجم الغلاية متروك لتقديرك)، او لجمدت ٤٠ كيلو جراما من اللحوم (فى ثلاجة) وكانت كافية لحلاقة ذقون ٤٠٠ من الرجال !

---

* الجاول وحدة من وحدات الشغل ، وقد استخدمت فى مجال العلم تخليدا للعالم الفيزيائى البريطانى جيمس بريسكوت جاول .. اما الارج فكلمة مشتقة من اليونانية ومعناها شغل .

بصورة اخرى نستطيع ان نقول ان الطاقة المبذولة فى الحجر هى بطريقة اخرى تساوى الطاقة العنيفة التى بذلها ٦٠٠ رجل قوى ولمدة ٢٤ ساعة كاملة ، ولو تحولت هذه الى حرارة ، لصهرت حوالى ستة اطنان ونصف طن من المعادن؛ او لو استفدنا بها كطاقة ضوئية ، لاضاءت لنا مصباحا كهربيا قوته مائة واط لمدة ثلاثين شهرا ليلا ونهارا — او لاضاءت حوالى ٢١٨٠٠ مصباحا كهربيا قوة كل مصباح مائة واط ولمدة ساعة كاملة !

وهكذا يمكن تحويل الطاقات من صورة الى اخرى ، ومن وراء ذلك وحدات تحددها .. ومن اجل هذا يستخدمها العلماء دائما فى كل مجالات العلم — من فيزيائية وذرية وبيولوجية وحرارية وكونية وميكانيكية .. فانفلاق نواة ذرة من ذرات اليورانيوم — ٢٣٥ تنتج طاقة تقدر بحوالى ٣٢٠٠٠ر٠ ارج ، فى حين ان اشعال عود من الكبريت يولد طاقة حرارية تصل الى اكثر من ٦٠ الف مليون ارج ، ومن هذه القفزة الهائلة من قيمة الطاقة الناتجة من انفلاق نواة ذرة لليورانيوم ، الى الطاقة المتحررة من اشعال عود الكبريت تبدو وكاننا هى تحط من قيمة الطاقة النووية الكامنة فى الذرات .. لكن ذلك ليس صحيحا ، فالواقع ان نواة الذرة ضئيلة غاية الضآلة ، فالجرام الواحد من اليورانيوم يحتوى على حوالى ٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٢ ذرة ، ولهذا فان انفلقت ذراته ، فانها تطلق طاقات تصل الى $١٠^{١٧}$ ارج (اى ١٠ اس ١٧ .. او واحد على يمينه ١٧ صفرا) ، او مائة الف مليون مليون ارج)ـ لكن هذه الكمية الهائلة الناتجة من الطاقة الانشطارية لا تمثل الا جزءا واحدا من الف جزء من الجرام ، وهى التى تمثل لنا كمية المادة التى تحولت بالفعل الى طاقة .. والى هنا يتبين لنا ضخامة الطاقة النووية بالمقارنة الى الطاقة الكيميائية (كاشعال عود من الكبريت او جرام من الفحم او ما شابه ذلك) .

وعندما نتعرض للطاقات الاخرى ، فسوف تقفز امامنا الارقام قفزا ، بحيث قد لا يكون لها فى عقولنا مغزى ، ومع ذلك فعلينا ان نعرضها عليك ، ليتبين لك ضخامة القوى الكونية ، ومكانك منها فى هذا الوجود .

الطاقة المبذولة فى او الناتجة من :

	مقدارها بالارج
١ — انسان صناعته قطع الاشجار	$١٠^{١٤}$ *
٢ — انفجار القنبلة الذرية على هيروشيما	$١٠^{٢١}$
٣ — اعصار مدمر	٥×١٠^{٢٢}
٤ — قنبلة ايدروجينية قوتها مائة مليون طن من مادة ت ن ت شديدة الانفجار	$١٠^{٢٤}$ ارج
٥ — زلزال ارضى قوى	٥×١٠^{٢٥} ارج
٦ — ما تستقبله الارض من الطاقة الشمسية سنويا	$٥ر٤ \times ١٠^{٣١}$ ارج
٧ — دوران الارض حول محورها	٥×١٠^{٣٦} ارج
٨ — دوران الارض فى مدارها حول الشمس	٥×١٠^{٤٠} ارج
٩ — الطاقة الناتجة من الشمس سنويا	$١٠^{٤١}$ ارج
١٠ — انفجار نجم عملاق	$١٠^{٤٨}$ — $١٠^{٤٩}$ ارج

* $١٠^{١٤}$ = ٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر١٠٠ ارج — فالرقم الاعلى على يسار الرقم الاسفل يبين عدد الاصفار التى عليك ان تضعها على يمين الرقم واحد .. فـ $١٠^{٢٠}$ يعنى واحدا على يمينه عشرون صفرا .

ومن هذه الارقام تتضح لنا ضآلة طاقات الانسان، او ما صنعه من قنابل ذرية وايدروجينية هي بمثابة عيدان كبريت مشتعلة بجوار براكين كونية مشحونة بطاقات تتجلى فيها ، او تسيطر عليها لتجعلها تدور حول نفسها تارة ، وتنطلق في مدارات حول غيرها تارة اخرى . فكوكب الارض جرم صغير اذا ما قورن بالاجرام الاخرى التي قد تكون اكبر منه بالاف او مئات الالاف او ملايين المرات .. ومع ذلك فلدورانه حول نفسه طاقة ، وحول شمسه طاقة اخرى اكبر : ولو اردنا حسابها بمعايير الطاقة الميكانيكية المستخدمة في حياتنا لبلغت طاقة شغل الارض ما يقرب من ١٨٠٠ مليون مليون مليون مليون قدرة حصان *(المليون مكررة اربعا) ، ولو لم تنطلق الارض حول الشمس بهذه القدرة الجبارة ، لجذبتها الشمس الى مجالها جذبا ، ولصهرتها وصهرتنا في اتونها صهرا .. لكن القوى الكونية قد اشتغلت بحساب ، وسارت الاجرام في افلاكها بمقدار .. فلا الشمس تتغلب على الارض او على كواكبها الاخرى التي تدور حولها ، ولا تلك الكواكب بهاربة من قبضة شمسها الى الفضاء .. وعندئذ يحق القول الفصل « خلق السماوات بغير عمد ترونها » .. « والسماء رفعها ووضع الميزان » .. فالعمد قوى كونية لا تراها ، وان كانت تتجلى لنا في جاذبية ودوران وحركة ، لتبدو لنا كموازين غير مرئية تسيطر عليها قوته البديعة ، ثم سيطرته العظيمة على كل ما في الكون من بلايين البلايين من الاجرام السابحة في ملكوته العظيم بطاقات هائلة تتجلى لرجل العلم بلا نهاية ، وتبرز له بلا حدود ، وعلى قدر ما يستوعب عقله المحدود !

لكن الطاقات الهائلة التي يزخر بها هذا الكون طاقات حبيسة في « قماقمها » .. في مادتها .. فماذا لو تحررت ؟ .. علينا ان نتعرض لذلك باختصار .. لنرى وجهين لحقيقة واحدة .

• • •

الطاقة مادة متحررة

انت ترى بالنور ، وتعيش على النور ، وخلقت من النور .. والى النور يوما قد تعود .. لتعود الكرة من جديد .. « قل هو يبدئ ويعيد » !

فانت جسد لكن الجسد من نور .. ولست وحدك في الكون .. لان كل ما فيه من مادة ظاهرة وخافية من نور تجسد .. فتكور .. فظهر .. فدارت به الافلاك .. وليكون « الله نور السماوات والارض » ..

والنور درجات .. فمنه اللطيف ، ومنه القوي الشديد الذي لو تجلى لجبل لجعله دكا ..

---

* قدرة حصان Horse-Power تعبير استخدمه العالم المشهور جيمس واط ليقدر به قدرة شغل الاله البخارية التي اخترعها واستخدمها في رفع المياه من الابار ، وكانت الخيل هي الوسيلة المستخدمة في رفع هذه المياه وقتئذ ، ولهذا احضر عددا من الاحصنة القوية تستخرج كمية الماء ذاتها التي تستخرجها الاله البخارية ، وقارن بين قدرة هذه وتلك في الشغل ، ومن هنا استطاع ان يقدر ان حصانا قويا يقوم بشغل يصل الى ٥٥٠ رطل ـ قدم/ثانية ـ اي ان يرفع هذه الارطال الى اعلا ضد قوة الجاذبية لمسافة قدم واحدة لكل ثانية . وقدرة الحصان بحساب آخر تساوي ٧٫٤٦٠٫٠٠٠٫٠٠٠ ارج او تساوي ٧٤٦ جاول .

« قال رب ارنى انظر اليك ، قال لن ترانى ، ولكن انظر الى الجبل فان استقر مكانه فسوف ترانى ، فلما تجلى ربه للجبل جعله دكا ، وخر موسى صعقا ، فلما أفاق قال سبحانك تبت اليك » !

وليس كل ضوء مرئيا .. بل لنا حدود فيما نرى ، كما أن لنا حدودا فيما نسمع ونطيق وندرك ونعلم !

وقد يبدو هذا الكلام اقرب الى اسلوب الصوفية منه الى لغتنا العلمية ، وقد يكون ذلك وقد لا يكون ، لسنا فى الواقع ندرى ، لكن الذى ندريه ـ نسبيا ـ ان النور الذى نراه قوة خفية .. وفيما فوقه او تحته انوار أخرى ذات قوى أو طاقات مختلفة ، لكن عيوننا ليست مهيأة لاستقبالها ، ولو استقبلناها لاصابتنا بالعمى .

لا بد ان نذكر هذه المقدمة الصغيرة فى سياق حديثنا حتى لا تختلط علينا الامور بين العلم والعقيدة ، وحتى نكون واضحين فى تقديم صورة جديدة من صور القوى او الطاقات الكونية التى تتجلى فينا وفى خارجنا مما سوى الله فابدع !

والنور يعنى الضوء او الضياء او الوميض او القبسات النورانية او الاشعاعية او الاشعة الكهرومغناطيسية او الفوتونات Photons (او الكوانتا Quanta) (اى كميات محددة من « طرود » ضوئية .. مفردها كوانتم Quantum) .. والمسميات الثلاثة الاخيرة هي التى نستخدمها فى مجال العلوم .. وهى التى انارت عقولنا على ما فى هذا الكون من اسرار عظيمة ، واضاءت لنا الطريق لنرى شيئا من طبيعته المثيرة ..

فالانسان والحيوان والنبات والميكروب وكل شىء دبت فيه الحياة يتكون من شقين : شق مادى منظم اعظم تنظيم ، وشق « روحى » أو حيوى تنطلق منه طاقة محددة لتسيطر على كيان هذا التنظيم المادى ، ولتدفعه دفعا ليشق طريقه فى الحياة لوقت معلوم ، ثم يتخلى عن الطريق ليفسح المجال لغيره ، ولكن بعد ان يكون قد ترك نسخة من ذاته تواصل الحياة مع غيرها من طوفان المخلوقات ، وهو ما نعبر عنه بالتناسل والتكاثر والذرية والاجيال .. الخ .

لكن « الروح » او الطاقة التى تسرى فى داخلنا هى روح نظام بديع لا زلنا فى اسراره حائرين ، فنحن لم نعرف بعد كل أسرار الخلية الحية التى منها قد نشأنا ، ولا كذلك سر خلية ميكروبية بسيطة .. ذلك ان هذه الوحدات الحية التى لا تراها العين لضآلتها ليست الا نظما من داخل نظم من داخل نظم من داخل نظم .. وهكذا تتراكب الاجزاء وتتداخل بعضها فى بعض .

وكل حى لابد ان يموت .. والموت يعنى خللا فى النظام ، ولا يزال هذا الخلل يتعاظم ويتفاقم حتى تحل الفوضى ، ولتوقف « روح » هذا النظام او ذاك عن انتاج الطاقة .. فلا تتحرك عين فى مقلتها ، ولا ينبض قلب فى صدره ، ولا يتردد نفس فى قفصه ، ولا تشع حرارة فى أوصاله ، بل تحل محلها برودة مميزة ، وهى دليلنا على توقف الجسم او هذا النظام البيولوجى الخاص عن بذل الطاقة التى قدرناها من قبل فى المتوسط بحوالى ٢٥٠٠ سعر او كيلو كالورى .. او اكبر من ذلك أو اصغر !

لكننا لاشك نظلم انفسنا اذا نظرنا الى اجسامنا المادية مثل هذه النظرة القاصرة .. صحيح ان الذى يفرق بين الميت والحى هو تلك الطاقة التى تستطيع الخلايا المختلفة ان

تستخلصها من الطعام او وقود الحياة فتظهر في الكائن الحي على هيئات شتى (وسنعود لهذه الطاقة بالشرح فيما بعد) ، فاذا توقف النظام الحي عن انتاج الطاقة ، فان ذلك لايعني اختفاءها حتى تظهر « يوم البعث » ! .. اذ لو تعمقنا في بواطن الامور لادركنا ان هذه الكتلة الميتة تموج بقوى هائلة ، وتفور بطاقات عالية .. لكنها لاتظهر لنا ولا تتجلى ، ذلك انها حبيسة في جسيماتها .. في ذراتها .. في جزيئاتها .. في خلاياها .. في اعضاء هذا الميت وانسجته التي توقفت الى الابد عن انتاج الطاقة الظاهرية .. رغم مافي باطنها من طاقات حبيسة .

وقد يبدو هذا الكلام غامضا على غير المتخصصين .. لهذا كان لابد من شرح وتوضيح.

فالكتلة الميتة او الحية لم تكن في البداية الافوتونات او كوانتا او موجات كهرومغناطيسية او ضوءا او نورا او طاقة . ذلك ان كل شيء مادي ـ حيا كان او سائلا او غازا او جمادا ـ ليس الا بمثابة « قمقم » فيه مارد حبيس .. لكن الفرصة غير متاحة لاطلاقه من قمقمه ، او تحريره من ماديته ، ولو استطعنا ان نحول المادة من صورتها الحبيسة الى وجهها الاخر الطليق ، لاذابت العباد، ولدكت الجبال ، ولابادت المدن في لحظة من زمن .

لكن حياتنا على هذا الكوكب ، تتوقف على حياة الشمس .. فان ماتت متنا والشمس بدورها تعتمد في حياتها على تحويل المادة الجسدة الى طاقة متحررة لتتدفق فيما حولها من فراغ على هيئة اشعة حرارية وضوئية ونفايات جسيمات ذرية واشعاعات اخرى .. ولا بد ان تتخلص الشمس من هذه الطاقات الزائدة حتى لا تنفجر، ولا بد ايضا ان تحتفظ بنسبة من تلك الطاقة لترفع درجة حرارة جوفها الى مايقرب من ٢٠٠٠٠٠٠٠ درجة مئوية ، وعند هذه الحرارة العالية « تلتهم » الشمس بعض مخزونها من الايدروجين و « تهضمه » على هيئة عنصر اعقد يعرف باسم الهيليوم (من هيليوس اليونانية اي الشمس ـ ولهذا فالهيليوم عنصر موجود بكثرة في الشمس) ، وفي هذه العملية التي يدخل فيها اربعة انوية (بروتونات) لعنصر الايدروجين لتلتحم في نواة الهيليوم ، يختفي جزء ضئيل من المادة ، ويتحول الى طاقة تعادل شغلا قدره حوالى ٠,٠٠٠٠٠٥ ارج .. ورغم ان هذه الكمية ضئيلة جدا ، الا ان الطاقة الناتجة من تحويل جرام واحد من الايدروجين الى هيليوم يمكن ان تؤدي شغلا يصل الى ٧,٥٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ ارج .. او بما يعادل ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠ قدرة حصان (مما يذكر ان جرام الايدروجين يحتوي على حوالى ٦٦ الف مليون مليون مليون ذرة .. ومن هنا يتضح ان الطاقة الالتحامية تبدو صغيرة ، ولكننا نتعامل مع بلايين البلايين من الذرات) .

وكل هذه الارقام والتقديرات ستبدو ضئيلة غاية الضآلة اذا ما قورنت بما يجري في داخل هذا الفرن الكوني الجبار .. فالشمس لايمكن ان تعيش على جرامات او كيلو جرامات او اطنان تتحول الى بلايين بلايين البلايين من الارجات او حتى القدرة الحصانية .. لكنها في كل ثانية تمر من حياتها الطويلة تستهلك وجبة من الايدروجين تصل كتلتها الى ٥٨٧ مليون طن ، وتحولها الى ٥٨٣ مليون طن من الهيليوم .. لكن هناك فرقا بين ما « اكلت » وما تحول الى نفاية (اي هيليوم) تقدر كتلته بحوالى اربعة ملايين طن في الثانية الواحدة ! فاين ذهبت هذه الكمية الهائلة من المادة ؟

الواقع انها ظهرت بوجهها الآخر .. لقد تحررت فى الطاقات الحرارية والضوئية التى تنير بها ما حولها ، وتدفىء كواكبها التي تطوف بعيداعنها بعشرات ومئات وآلاف الملايين من الاميال .. وتلك فى الواقع طاقات فوق تصور البشر ، ومعذلك فهناك توازن عظيم بين ما تحتفظ به الشمس من طاقات ، وبين ما تتخلص منه فى الفضاء ، فلوحلت البرودة (النسبية) بجوفها ، لانهارت تلك الكتل الهائلة من المادة الخام (الايدروجين) التىتدخرها لاستهلاكها لآلاف الملايين من السنوات القادمة ، ولضغطت على جوفها ضغطا رهيبا قديؤدى الى انفجارها ، ولو اختزنت كل حرارتها الهائلة لساعات معدودة ، لارتفعت كما ترتفع مثلادرجة حرارة انسان أصيب « بضربة شمس » ، واختل فيه التوازن الحرارى الذى يحدد بين مايتخلص منه وما يحتفظ به من حرارة .. ولهذا فقد تنفجر الشمس وتنتهى ، ويموت الانسانويختفى .. لكن حمدا لله ان وضع الموازين فى السماوات قبل ان وضعها على الارض ، فلدينامن البشر بلايين، وليس لدينا الا شمس واحدة.. فان مالت ، لتوقفت كل صور الحياة على هذاالكوكب .

ويوم استطاع الانسان ان يضع يده على سرغال من اسرار هذا الكون المثير من خلال معادلة رياضية ، فانه لم يصدق ــ بادىء الأمر ــما اشارت اليه هذه المعادلة التى قدمها لنا العالم الشهير البرت اينشتاين فى عام ١٩٠٥ ، والتىظهرت كوليد صغير من نظريته « النسبية » ، ورغم ان المعادلة بسيطة فى تركيبها وفحواها ، الاانها عميقة فى معناها ومغزاها ، لدرجة ان اينشتاين نفسه لم يصدق ان مدلول هذه المعادلةيمكن ان يتحقق يوما على هذا الكوكب .. لكنها تحققت بعد اربعين عاما .. فى قنبلتين ذريتين ..احداهما اسقطت على هيروشيما ، والثانية على ناجازاكى .

لقد نجح الانسانفى تحويل المادة الى طاقة.. لكن الذى يوضح امامنا ضخامة الطاقة المجسدة فى مادتها معادلة اينشتاين الشهيرة التى تتكونمن حروف ثلاثة ، ونكتبها هكذا ؟

ط = ك س ٢ $E = mc^2$

اى الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء Energy – Mass X Velocity of Light (Squared)

لكن .. ماهى العلاقة بين الكتلة وبين الضوءاو سرعته وبين الطاقة ؟ .. وكيف تجمعت هكذا ؟ .. وماذا تعنى حقا رغم مابينها من مفارقات ، اوعدم تجانس فى الصفقات ؟

الواقع ان هذه هى لغة المعادلات .. وهىلغة خاصة تتناول أسرار هذا الكون بالتحليل ، لتستشف طبيعته وما ينطوى عليه من وحدةاصيلة رغم مافيه من متناقضات ظاهرية .. لكن المعادلة تحيل التناقض والنفور الى وحدة نظامتدعو الى التساؤل والحيرة .

لكن دعنا نعبر عن هذه المعادلة بمنطقالارقام .. ولناخذ زيدا من الناس كمثال ، ولا يهم ان كان حيا أو ميتا « طازجا » ، فالذى يهمناحقا هى كتلته ، ولتكن ٧٠ كيلو جراما ــ فيها ٧٠٫٠٠٠ جرام ، وسرعة الضوءفى الثانية الواحدة..٣ الف كيلو متر ــ فيها ٣٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠ سنتيمتر (فالمعادلة تشترط الكتلة بالجراموالسرعة بالسنتيمتر) ولنعوض هذه الارقام بمدلولاتها فى المعادلة السابقة :

الطاقة = ٧٠٫٠٠٠ × ٣٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠ × ٣٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠

= ٦٣٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠ ارج

الرقم ـ بلا جدال ـ يبدو من الضخامة بمكان بحيث قد لاتستوعبه العقول .. وهو يعنى ان المادة فى جسم زيد لو تحررت من ماديتها ، وتحولت الى طاقة تحولا تاما فانها تظهر على هيئة قدرة او شغل يدير كل مصانع مصر ويضيء مدنها وقراها لسنوات طويلة قادمة .. ولهذا دعنا نحول وحدات الشغل الناتجة (اى الارج) الى طاقة حرارية مقدرة بالكيلو كالورى .. عندئذ ينتج لنا ١ر٥٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ كيلو كالورى .. لكن الرقم لايزال خياليا .. ومع ذلك فهو يوضح لنا الفرق بين طاقة زيد اليومية التى قد تصل الى ٢٥٠٠ أو ٤٠٠٠ كيلو كالورى (اذا كان يؤدى عمله الشاق بضمير) وبين الطاقة الحقيقية المقيدة فى جسمه على هيئة مادية !

او دعنا نحول الطاقة الحرارية الى وحدات اخرى من الطاقة ، ولكن هذه المرة طاقة كهربية .. وعلينا اذن ان نستخدم الكيلو واط/ساعة ، وفى هذه الوحدة يكمن ٨٦٠ كيلو كالورى ، وبعملية حسابية بسيطة ينتج لنا رقم اصغر ـ ١ر٨٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ كيلو واط/ساعة ، اى حوالى ٢ مليون مليون كيلو واط/ساعة لو ان زيدا هذا قد تناول وجبة دسمة ، وزادت فيها كتلته قدرا معقولا .. وهذا المحصول الهائل من الطاقة التى تحررت من مادة زيد المجسدة اكبر قليلا من الطاقة التي ينتجها السد العالي لمدة مائتى عام ، وعلى شرط أن يشتغل بكامل طاقته !

او لو فرضنا أن هذه الطاقة قد تحولت الى صورة اخرى كيميائية مخزونة فى طعام تتناوله ، وبفرض ان استهلاك الفرد فى المتوسط (الكبير مع الصغير ، والنشط مع الكسول واليقظ مع النائم .. الخ) يصل الى حوالى ١٥٠٠ كيلو كالورى يوميا ، وفى كوكب يبلغ تعداده اربعة آلاف مليون نسمة ، فان هذه الطاقة المتحررة من جسم زيد تكفى لاعاشة اهل الارض جميعا لاكثر من ٢٥٠ يوما ! .. او تساوى الطاقة المختزنة او المتحررة من حرق ١٤٠ر٠٠٠ر٠٠٠ طنا من البترول ، او قدر الطاقة المدمرة الناتجة من تفجير ١ر٥٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ طنا من مادة ت.ن.ت. شديدة الانفجار .. أو .. او الى آخر هذه الارقام التى تقفز امامنا ، وكانما نراها فى احلام [illegible] اليقظة .

لكن زيدا هذا ليس بمعايير الكون شيئا مذكورا ـ نقصد من حيث هو كتلة ، لا من حيث هو عقل مفكر او غير مفكر .. صحيح ان الطاقات التى نحصل عليها من تحويل المادة الى طاقة فى المفاعلات الذرية مثلا ليست الا قطرة فى بحر من بحور الطاقة التى تجرى فى أتون شمسنا وحدها ، لكنها ـ على أية حال ـ قد جذبت عقولنا الى منبع من الطاقة قد لا ينضب لو عرفنا كيف نسيطر عليه ، فنستخدمه للتعمير .. لا للتدمير !

ان مجرد تركيز العقل البشرى ـ بعد ذلك ـ على الكميات الهائلة من المادة التى تحررها الشمس فى اليوم الواحد على هيئة طاقة ، ثم استمرارها على هذا المعدل منذ حوالى خمسة آلاف مليون عام وحتى الآن ، ثم مواصلتها الحياة بعد ذلك لآلاف الملايين من الاعوام القادمة ـ كل هذا قد يصيبنا بالدوار .

ليس بالشيء الهين أن تتحول حوالى اربعة ملايين طن من مادة الشمس فى كل ثانية الى دفقات جبارة من الطاقة ، فلو انك قدرت بعد ذلك ما تستهلكه فى اليوم من مئات الوف الملايين من الاطنان ، ثم تحويل ذلك الى جرامات ، ثم ضربها فى مربع سرعة الضوء بالسنتيمتر (على حسب المعادلة السابقة الخاصة بالمادة والطاقة) لنتج لك رقم نكتبه هكذا : ١ر٣ × ١٠ ٢٩١ ارج ، او ١ر٣ × ١٠ ٢٢١ جاول ، أو ٦ر٨ × ١٠ ٢٠١ كيلو واط/ساعة ، تستقبل ارضنا منه يوميا حوالى جزء واحد من الفى مليون جزء .. لكن فيه الكفاية ، اذ تصل طاقة هذا المقدار الضئيل للغاية الى

مايقرب من ٣ر٤ × ١٠ ١٥ كيلو واط/ساعة ، وبه يدور كل شيء على كوكبنا .. تدور ملايين البلايين من أطنان الهواء ، في تيارات رافعة خافضة .. أحيانا ما تلفح وجوهنا كنسيم عليل ، وأحيانا أخرى كرياح وعواصف بأسها شديد، وقد تكمن فيها طاقات تفوق في طاقتها مئات القنابل الذرية والايدروجينية - وبالطاقة الشمسية تخرج ملايين البلايين من أطنان بخار الماء الى الهواء ، فتدور فيه على هيئة سحاب تتساقط منه الامطار ، وتجرى الانهار ، وتورق الاشجار ، وتكتسى الارض بالخضرة والازهار ، وتتكون بها (بالطاقة الشمسية) الحبوب والثمار ، وتحلق الفراشات ، وتغنى الطيور ، وتسبح الاسماك ، وفوق كل هذا يدور الانسان في أرضه لينقب فيها باحثا عن مزيد من الطاقة ليحصل على مزيد من القوة والرفاهية .. ومن وراء كل هذه الحركة البديعة - التي تتم في الهواء والبحار والاحياء - جزء ضئيل جدا من طاقة تحررت من ماديتها ، لتتسلط بوحداتها على نظم اليكترونية وذرية وجزيئية لتبعث فيها الروح والحياة ، وسنعود لنوضح معنى ذلك عندما نتعرض للبطاريات الحية التي تصطاد تلك الطاقات ، لتدفع بها كل ما على هذا الكوكب من أحياء . فمن وراء حركته نور أو ضوء أو طاقة شمسية لها مع الحياة قصة مثيرة .. لكن علينا الآن أن نتعرض للوجه الآخر من الحقيقة .. أي تجسيد الطاقة من بعد تحرير وانطلاق .. فهل هذا في الامكان ؟ .. دعنا اذن نبدأ من الاساس .

تجسيد الطاقة Materialization of Energy

يحكى أن عالما انجليزيا شابا يدعى بول ديراك خرج على العالم في عام ١٩٢٨ بنبأ مثير نتيجة لتحليل معادلات رياضية تناول فيها بعض معادلات نظرية النسبية لاينشتاين ومعادلات نظرية الكم Quantum Theory لماكس بلانك .. ومن عملية المزج ، بين هذه وتلك ، جاءت بعض نتائج تتمشى مع منطق هذا العالم الذي فيه نعيش ، وجاء بعضها الآخر بأنباء - لا هي مقبولة ولا هي معقولة ، وقد تبدو أمام الانسان وكأنما هي تشير اليه من طرف خفي بأن هناك أمورا تحدث في الكون ، ولكنها تسير بالمقلوب .. أي معاكسة لكل ما نعرفه أو تعارفنا عليه في طبيعة عالمنا وتكوينه .. فماذا يعني عندما نقول مثلا ان طاقة زيد سالبة ، أو ان زمنه يجرى الى الوراء ، أو انه يتكون من مادة نقيضة لمادة عالمنا ، أو ان هناك جاذبية تدفعه بعيدا عن الارض بالقوة ذاتها التي تشد بها انسانا آخر له كتلة زيد نفسها .. الى آخر هذه الامور المضادة لطبيعة عالمنا !

طبيعى أننا لم نر شيئا غريبا - مثل ماتنبأت به المعادلة - يحدث على أرضنا ، ورغم غرابة ما جاءت به المعادلة من نبوءة ، الا ان الشاب ديراك أكد لمن تهكموا عليه أن ما جاء به ليس اثما في العلم ولا بهتانا ، ولا بد أن هناك شيئا لم تتفتح له العقول بعد ، أو ربما كان سابقا لأوانه .

لقد كان ديراك يقوم بتحليل رياضي لحركة اليكترون وحيد في الفراغ ، ولكي يتحرك فلا بد له من طاقة .. ولقد وضع ماكس بلانك الحدود التي يمكن أن تتعامل بها الطاقة مع المادة من خلال تحليل رياضي أيضا ، بل وأوضح لنا أن الطاقة الضوئية مثلا لا تنطلق كشعاع متصل وكما تراه العين ، ولكنها تأتي كطرود أو « باقات » أو وحدات دقيقة جدا من الطاقة (وسوف نعود لها بعد حين) ، وجاء بعده ألبرت اينشتاين ، ووضع لنا المعادلة التي تنبأت بتحويل المادة الى طاقة .. وتبعهما ديراك الذي أشارت تحليلاته الى أن الطاقة أيضا يمكن أن تتجسد في جسيمات .. وكلما كانت طرود أو باقات الطاقة قوية وكبيرة ، كانت الجسيمات المتجسدة منها ثقيلة .. والى هنا والموضوع يمكن تقبله من حيث المبدأ .

لكن ديراك ذهب الى ابعد من ذلك وتنبأ بأن معادلته تشير الى ان « طرود » الطاقة اذا تجسدت في جسيمات ، فان وحدة الطاقة المناسبة تخلق زوجا من الجسيمات .. احدهما عدو او نقيض او مضاد للآخر .. فاذا تلامسا بعد ذلك ، فلا بد ان يتخليا عن صفتهما المادية ويعودا سيرتهما الاولى .. اى الى موجات من جديد . ولقد حدد ديراك ان وحدة او باقة من الطاقة لا تقل عن ١٫٠٢ مليون اليكترون ـ فولت عندما تصطدم بهدف مادى ، فانها تتوقف بعد أن كانت تنطلق بسرعة الضوء . وتتجسد في نيجاترون Negatron (اى الجسيم الذى يحمل شحنة كهربية سالبة ونعرفه باسم الاليكترون) **وفى بوزيترون** Positron (اى الجسيم الذى يحمل شحنة كهربية موجبة) ... والواقع ان هذين الجسيمين متشابهان تماما من حيث الكتلة ومن حيث مقدار الشحنة الكهربية والمجال المغناطيسي والدوران .. الخ ، لكن كل شيء من هذه الصفات يظهر معكوسا .. فاذا دار النيجاترون يمينا ، دار البوزيترون يسارا ، واذا حمل هذا شحنة موجبة ، جاء الآخر بشحنة سالبة ، واذا اتجه هذا في المجال المغناطيسي الى اليمين ، اتجه الآخر الى اليسار ... وبالاختصار فنحن امام عالمين متشابهين ، لكنهما ـ على مستوى الجسيمات الذرية ـ متناقضان ، وكأنما تبرز امامنا فكرة الصورة « النيجاتيف » (على الفيلم) والصورة « البوزيتيف » (على الورق الحساس) .. فاليمين في هذه ، يسار في تلك ، والابيض هنا ، اسود هناك .. وهكذا (لاحظ ان النيجاترون والبوزيترون مشتقان من النيجاتيف والبوزيتيف) .

لكننا في الواقع لا نتحدث هنا عن صور ، بل عن تجسيد حقيقى للطاقة التى يتخلق منها اليكترون (نيجاترون) فيه من الطاقة اكثر قليلا من نصف مليون اليكترون ـ فولت ، وبالمثل تماما يتخلق البوزيترون ، ولكل منهما كتلة تساوى حوالى تسعة اجزاء من مائة بليون بليون بليون جزء من الجرام ! (٠٫٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٩١ جرام) .. لكن البوزيترون لو ظهر ، فانه لا يستطيع ان يعيش مع مادة عالمنا التى تتلق ذراتها بسحب اليكترونية تدور حول انويتها ، ولا بد ان يتلامس في لحظة خاطفة مع احد الاليكترونات ، فيبيد احدهما الآخر ، ويفنيان على هيئة مادية .. لكن لا شيء ـ في الواقع ـ الى فناء ، بل يظهران بوجههما الآخر ـ اى الى ضوء منظور او غير منظور ، كما هذا يتوقف على حدود الموجات التى تبصر بها عيوننا ، وحدود الموجات التى تنطلق من الجسيمات عندما تتخلى عن صفتها المجسدة الى التحرر والانطلاق بسرعة الضوء على هيئة موجات كهرومغناطيسية . لتصبح من جديد وحدات او باقات من الطاقة !

كل هذا كان كلاما على ورق .. او معادلات منشورة في بحث مركون على رف .. ولن يكون لذلك قيمة ما لم تتحول الفكرة الى واقع ، والمعادلة الى تجسيد .. **فهل تحقق من تلك النبوءة شيء قد يفيد ؟**

بالتأكيد ! .. فبعد اربع سنوات اكتشف العلماء مسارين متضاربين لجسيمين عادت بهما الواح حساسة من طبقات الجو العليا ، ولقد عكس مسارهما المجال المغناطيسى المثبت في جهاز خاص لدراسة الاشعة الكونية في طبقات الجو العليا . وبدراسة هذه المسارات دراسة وافية ، ثبت بما لا يدع مجالا للشك ان بعض طرود الطاقة التى اندفعت الى غلافنا الهوائى مع الاشعة الكونية قد اصطدمت بهدف مادى ، وتجسدت على هيئة اليكترون واليكترون نقيض (بوزيترون) .. لكن الاخير تخلى من صفته المادية في لحظة خاطفة عندما اصطدم بأحد الاليكترونات ، فعادا الى طبيعتهما الاولى .. اى الى ومضتين ضوئيتين .

وبعد الحرب العالمية الثانية توصل العلماء الى تجسيد الطاقات التى تندفع بها الجسيمات بسرعة فائقة فى المعجلات الذرية الجبارة التى تصل طاقتها الى عدة آلاف الملايين من الاليكترون فولت .. وفيها ظهرت جسيمات أكبر مثل البروتون ونقيضه ، والنيوترون ونقيضه .. ويعنى هذا أنه أصبح بالامكان تجسيد كل الجسيمات الاساسية التى تدخل فى تكوين الذرات مع جسيماتها النقيضة .. لكن النقيض ـ كما ذكرنا ـ لا يمكن أن يعيش فى عالمنا ، لأن طبيعته معاكسة تماما لطبيعة جسيماتنا التى تكون مادة هذا الركن من الكون العظيم .. **ومن الامور المثيرة حقا ان العلماء قد توصلوا الى تخليق ذرة ايدروجين نقيضة * (اى بيروتون سالب واليكترون موجب فى حين ان ايدروجين عالمنا يتكون من بروتون موجب واليكترون سالب)** .. لكن ذرتنا النقيضة لم تعمر لحظة من زمن ، اذ سرعان ما تلامست مع مادة عالمنا ، فالتقى كل جسيم بجسيمه النقيض ، وتحررا من صورتهما المادية ، لينطلقا على هيئة موجات كهرومغناطيسية

لكن .. ماذا يعنى كل هذا ؟

يعنى فى المقام الاول ان معادلات ديراك قد تحققت كما تحققت معادلة البرت اينشتاين .. فالاولى تثبت بامكان تجسيد الطاقة فى جسيمات وجسيمات نقيضة ، وصحت نبوءتها ، والثانية تثبت بتحرير المادة وتحولها الى طاقة ، وصحت نبوءتها ايضا ، وهذا يعنى **حقا ان المادة والطاقة وجهان لشىء واحد .**

ويعنى التجسيد ـ فى المقام الثانى ـ ان الكون ربما يكون قد بدا بدايته من طاقات « نورانية » جبارة ، ومنها تجسدت جسيمات نقيضية ، ثم تسلطت عليها قوى كونية ـ لا نعرف كنهها ـ لتعزل النقيض عن نقيضه ، ثم تجمعت الاليكترونات والبروتونات والنيوترونات لتكون منها ذرات عوالم مثل ذرات عوالمنا ، وفى الوقت ذاته تجمعت الاليكترونات النقيضة (البوزيترونات) مع البروتونات النقيضة مع النيوترونات النقيضة لتظهر بها ذرات عوالم نقيضة .. وهى عوالم لا تختلف عن عوالمنا فى الظاهر ، لكن كل شىء فى بنائها المادى قد أصبح معكوسا بالنسبة لعالمنا .. فالماء مثلا يتكون من ايدروجين واوكسجين ، وليس ما يمنع اطلاقا من اتحاد الايدروجين النقيض مع الاوكسجين النقيض فى العالم النقيض ، ليتكون الماء النقيض ، الذى تعيش فيه مخلوقات مائية نقيضة ـ ربما تشبه مخلوقات عالمنا ، أو قد تنشأ فيها كائنات عاقلة نقيضة ! .. لكننا لو فرضنا ووضعنا قطرة من ماء عالمنا على قطرة من ماء العالم النقيض ، لاحدث ذلك انفجارا عاتيا ، ولانطلق ضوء ساطع ، ولانبثق سعير هائل ، وبهذا تختفي القطرتان تماما ، وتتحول مادتهما الى موجات كهرومغناطيسية بأسها شديد .

والواقع أن موضوع العوالم والعوالم النقيضة Worlds and Antiworlds من أعظم الموضوعات اثارة فى مجال العلوم الحديثة .. لكن الذى يهمنا هنا ـ خصوصا بعد أن توصل العلماء الى تجسيد الطاقة ـ أن الانسان لو استطاع ان يتوصل الى طريقة فعالة ليحرر بها المادة من تجسيدها ، ويحولها الى موجات ، فانه يكون قد توصل بالتأكيد الى منابع لا تنضب من الطاقات .

---

* بعد الانتهاء من كتابة هذه الدراسة ، تبين ان العلماء قد توصلوا ايضا الى تخليق ذرة اعقد هى ذرة الهيليوم فى معجلات ذرية ذات طاقات أضخم .. ولهذا لزم التنويه .

ورب متسائل يتساءل : ولكننا نحصل على الطاقة النووية من خلال عملية تحويل المادة الى طاقة عن طريقين : طريق انشطار نوى اليورانيوم، او طريق التحام ذرات الايدروجين الثقيل في ذرات اعقد .. وبهذا يختفي في تلك العمليات جزء من المادة ، ليظهر على هيئة طاقة .

وهذا صحيح .. لكن المادة هنا لم تتحول تماما الى طاقة .. ففي عملية الانشطار او الالتئام، لا يختفي الا جزء ضئيل جدا من المادة ، وقد لا يزيد هذا الجزء عن ١ر٠٪ من المادة الاصلية .. ولكن ما نرمي اليه هنا ان تكون كفاءة هذا التحول بمعدل يصل الى ١٠٠٪ ، ولن يتأتى ذلك الا باطلاق جسيمات المادة على جسيمات المادة النقيضة ، وهنا تختفي المادة تماما ، ويبدو لنا بوجهها الآخر الذي ينطوي على قوى وطاقات تفوق خيالنا .. فهل سيتوصل العلم الى هذا الهدف يوما ـ حتى ولو كان هذا اليوم بعيدا ؟ ..

●●●

وللطاقة كمياتها ودرجاتها

من اعظم العلماء الذين كانت لهم على العلم أياد بيضاء منذ نهاية القرن الماضي ، وبداية هذا القرن ـ العالم الفيزيائي الشهير **ماكس بلانك** صاحب نظرية الكم **Quantum Theory** التي تناولت الطاقة بالتحليل من خلال معادلات رياضية اوضحت لنا الكثير من اسرار هذا الوجه الآخر للمادة .. فكما ان للمادة وحداتها التي لا يمكن ان توجد الا على هيئة كيانات صحيحة ، كذلك ايضا كانت وحدات الطاقة ، فنحن لا نستطيع ان نقول ان لدينا خمس وحدات ذرية ونصف ، او عشر وحدات وربع ، لانه لا يوجد شيء اسمه نصف او ربع او سدس ذرة ، فاذا انشطرت الذرة الى نصفين او اكثر ، فان ذلك لا يعني ان تبقى الانصاف على حالها ، بل تتحول في اللحظة ذاتها الى وحدات اصغر من ذرات متكاملة ، وكذلك الحال ايضا مع الجسيمات التي تتكون منها الذرات .. فهي ايضا على هيئة وحدات مستقلة بحيث لا يوجد فيها ما يمكن ان يكون نصف اليكترون ، او ثلث بروتون ، او ربع نيوترون .. الخ ، بل كل وحدة جسيمية تبقى على حالها متكاملة ، فاذا حدث وتفتت البروتون مثلا الى اجزاء ، فانه يتحلل الى وحدات اصغر من ميزونات وبوزيترونات ونيوترينو وموجات من الطاقة .

وعلى الوتيرة نفسها ذهب **ماكس بلانك** الى اعتبار ان الضوء او اية اشعاعات او موجات اخرى من الطاقة ليست الا نبضات تتدفق كوحدات متكاملة اطلق عليها اسم كوانتا **Quanta** اي كميات محددة من الطاقة تجري بسرعة ثابتة تصل الى ٣٠٠ الف كيلو متر في الثانية الواحدة على هيئة باقات او طرود او قبسات او **فوتونات Photons** (**والفوتون** هنا تعني ايضا وحدة ضوئية واحدة ، وكلمة فوتوغرافيا تعني التصوير الفوتوني أو الضوئي) ، وكل هذه الوحدات تتجمع في عائلة تعرف باسم الموجات الكهرومغناطيسية .. فكلها ذات طبيعة واحدة ، وان اختلفت شدتها ما بين فوتون وفوتون .. ولا يمكن لهذه الوحدات ان تنشطر ، ليكون هناك نصف كوانتم ، او ثلث فوتون ، او ربع باقة من الطاقة ، بل ليكون هناك فوتون اقوى من فوتون بمرتين او عشرة او الف او مليون او بليون .. وهكذا .

ولكي نأخذ فكرة مبدئية عن ضآلة هذه الباقات او الفوتونات او وحدات الطاقة ، فعلينا ان نذكر ان الارج الواحد يحتوي على ما يقرب من ٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٢٠٠ فوتون او وحدة ضوئية من وحدات الضوء البنفسجي ، او على ٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٤٠٠ فوتون من الضوء الاحمر ، او ما

بين ذلك تكون مقادير فوتونات الوان الطيف الاخرى .. اضف الى ذلك أن الطاقة التى تبذلها للضغط على حرف واحد من احرف الآلة الكاتبة لتكتب هذا الحرف تصل الى مليون ارج ، وبعملية حسابية بسيطة يتضح انه يلزم لاتمام هذا الجهد الضئيل ما يقرب من ٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٢٠٠ كوانتا او وحدة طاقة (الواقعة فى البنفسجى) ولا شك ان العين عندما ترى الصور فانها لا بد ان تستقبل طوفانا من هذه الوحدات تقدر ببلايين بلايين البلايين ، ولهذه قصة أخرى مع العين والمخ ، وسوف نتعرض لها فى حينها .

والواقع ان معظم ما يجرى فى عالمنا من احداث ، انما تحكمه تفاعلات تتم بين عوالم مختلفة من الموجات التى تنطلق على هيئة طرود دقيقة من الطاقات ، وبين عوالم من الاليكترونات التى تدور حول نوى ذرات المادة كسحب كهربية .. فعندما يندفع فوتون بسرعة الضوء ليصطدم باحد هذه الاليكترونات فانه قد « يركله » ركلة شديدة بحيث يخرجه من مداره ، او قد يدفعه لكى يدور فى مدارات اوسع ، وهو لا يطوف فيها الا بطاقات يحملها من الفوتونات حملا .. وعلى حسب قدر الطاقة التى يتقبلها يتحدد مصيره فى عالمه الذى ينتسب اليه ، مثله فى ذلك كمثل من يصعد سلما ، او يقذف حجرا ، او يطلق قذيفة .. فالصعود الى ادوار اعلا واعلا ، يتطلب ان نبذل مجهودا اكبر واقوى ، وكذلك الحال مع حجر او قذيفة او رصاصة ، ولكل عالم ما يناسبه من طاقات تدفعه .. لكن الذى يحكم مستوى الطاقات التى تحملها هذه الطرود او القبسات الضوئية تلك المعادلة الرياضية التى قدمها لنا ماكس بلانك والتى نكتبها هكذا :

ط = هـ × ث

اى ان طاقة الكوانتم الواحد = كمية ثابتة × تردد الموجة فى الثانية .

هذا والكمية الثابتة التى قدرها بلانك (ونسبت اليه فيما بعد على انها ثابت بلانك) تساوى ٦٦٢٤ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠ ارج ثانية ، وبالامكان الحصول على طاقة الكوانتا المختلفة اذا ما عرفنا شدة ترددها Frequency فى الثانية الواحدة .. فكلما كان ترددها اكبر ، دل ذلك على ان طاقاتها اضخم ، وطول موجاتها اقصر .. فطرود الطاقة التى تكون الاشعة البنفسجية اقوى من مثيلتها فى الاشعة الحمراء ، ذلك ان الاولى تتردد بمعدل ٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٧٥٠ مرة فى كل ثانية ، والثانية نصف هذا المقدار بالتقريب ، وعندئذ فان طاقة كل فوتون فى الاشعة البنفسجية تساوى على حسب المعادلة السابقة حوالى ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥ر٠ ارج (حاصل ضرب ثابت بلانك فى معدل تردد الموجة فى الثانية) .. وطاقة كل فوتون فى الاشعة الحمراء تساوى تقريبا نصف هذا المقدار .

ونحن نخشى الاشعة فوق البنفسجية ، والاشعة السينية ، واشعة جاما Gamma Rays المصاحبة لتفجير القنابل الذرية ، والاشعة الكونية ، لان طرود الطاقة فيها ذات بأس شديد ، والواقع ان كل هذه الاشعاعات المدمرة تنطلق دائما فى الفضاء ، ولا شك ان فعلها مدمر على الحياة ، ولولا ان حيل بيننا وبينها « بمظلة » واقية من جزيئات الهواء فى طبقات الجو العليا لتتلقى نيابة عنا ضرباتها القاصمة ، لما قامت على هذا الكوكب حياة لاى كائن حى ، فسلوكها مع الذرات والجزيئات التى تدخل فى تكوين خلايانا ، كسلوك الرصاصات والشظايا التى تنطلق كوابل منهمر على البشر ، فتغير هذه طبيعة الذرات او تفتتها ، وتبيد اولئك البشر وتقتلهم !

ولا شك اننا نسمع دائما من محطات الاذاعةان الارسال سيستمر على موجة قصيرة طولها ـ على سبيل المثال ـ ثلاثون مترا ، او متوسطةطولها ٣٠٠ مترا ، او طويلة قد تصل الى ٣٠٠٠ مترا ، فان ذلك يعني ان هناك كميات محددة من الطاقة تثار بها اليكترونات ، فتقفز من مدارها الى مدارات اعلا ، وعندما تقفز عائدة الى مدارها ذي الطاقة الاقل ، فلا بد ان تتخلص مما حملت ، فينطلق منها حملها على هيئة طرود من موجات كهرومغناطيسية .. ولكل موجة تردد خاص ، ولكل طاقة تتوقف على شدة اهتزاز الاليكترون بما حمل ، ولهذا فان فوتونات الموجة القصيرة تتردد بمعدل يصل الى حوالي ١٠ مليون تردد في الثانية ، والمتوسطة الى مليون ، والطويلة الى مائة الف .. وهكذا .

وعلى الجانب الاخر تأتي فوتونات الاشعة الكونية او اشعة جاما .. فهذه قد تتردد بمعدل يصل احيانا الى $١٠^{٢٢}$ تردد في الثانية الواحدة (اي واحد على يمينه ٢٢ صفرا .. او مائة الف مليون مليون مليون !) .. وهذا يعني انه اقوى من الضوء العادي بحوالي مائة مليون مرة .. وتأتي بعد ذلك الاشعة السينية المدمرة التي يصل تردد موجاتها الى $١٠^{٢٠}$ او $١٠^{٢١}$ مرة في الثانية .. والاشعة فوق البنفسجية من $١٠^{١٦}$ ـ $١٠^{١٨}$ مرة /ثانية .. حتى اذا ما وصلنا الى الاشعة البنفسجية * بدأت عيوننا تتقبل موجاتها وتراها ، لانها تقع في الحدود المرسومة لمدى ابصارنا .. فنحن لا نرى الا في حدود موجات لا تنقص اطوالها عن ٤٠٠ مللي ميكرون (المللي ميكرون = جزء من مليون جزء من المليمتر) ، ولا تزيد عن ٧٠٠ مللي ميكرون .. فنحن لا نرى الاشعة فوق البنفسجية لان شدة ترددها تتفوق حدود العين ، او ان طول موجاتها اقصر من ٤٠٠ مللي ميكرون ، او ان فوتوناتها تحمل طاقات اقوى ، وقد تؤذي عيوننا لو استقبلتمنها جرعات كبرى .. فعيوننا لا تتأثر بموجات أطول من ٧٠٠ مللي ميكرون (وهي حدود الاشعة الحمراء التي نراها كألوان حمراء) ، ولهذا فلا يمكن ان نريها .. لكن ليس معنى ذلك ان الطبيعة قد استغلقت وسائلها ، فليست العين البشرية هي الوحيدة على هذا الكوكب بل هناك عيون اخرى تستطيع ان ترى بالاشعة فوق البنفسجية ، واخرى تبصر في الظلام الدامس بالاشعة تحت الحمراء ! .

ان التفاعل الازلي بين طرود الطاقة وبين جسيمات وذرات وجزيئات المادة هو الذي مهد لظهور الحياة على هذا الكوكب ، وهو الذي ارسى قواعد التوازن بين ما تتقبله المادة منها ، وما تتخلى وتشعه بعيدا عن تكوينها .. فعندما تصطدم الكوانتا او تلك الكميات الضئيلة المحددة من الطاقة بجسم مادي ، فانها تتوقف ، وفيه تختفي ، لكنها لا تضيع ، بل تؤدي عملا ، كأن تقوم مثلا بعقد « الصفقات » الاليكترونية بين ذرة وذرة ، او جزيء وجزيء ، وذلك من خلال عملية تنشيط بالطاقة التي تخلت منها لعالم المادة ، والتنشيط يؤدي الى حركة ، والحركة الى روابط تؤلف بين الذرات والجزيئات ، لتنشأ منها مجتمعات اكبر ، وبنايات اعقد ، هي التي تظهر في النظم الحية على هيئة بروتينات ودهون وسكريات معقدة ، وغير ذلك من ملايين المركبات التي تترابط بالطاقات ، فاذا تفككت روابطها ، انطلقت منها الطاقات وتحررت ، لتظهر في صور اخرى ، وهذا ما سنتعرض له بالتفصيل عندما نقدم نموذجين بيولوجيين يوضحان رحلة الطاقة بين شمس ونبات وحيوان .

---

* وهي اقصر موجات الضوء المنظور ، ولهذا كانت اشده ترددا ، واكبره طاقة ، هذا ويقع تردد الضوء العادي في حدود $١٠^{١٥}$ ترددا في الثانية ، ويتكون من سبعة الوان من الطيف .

لكن المادة عندما تتقبل طرود الطاقة ، فانها لا تحتفظ بها كما هى ، بل تستفيد منها بنصيب ، وتتخلص من نصيب آخر ، فتشعه على ماحولها .. لكن ليس معنى ذلك ان الباقة او الطرد او الكوانتم من الطاقة قد تجزأ الى جزئين بحيث يستفيد التكوين المادي بجزء ، ويشع جزءا آخر ، بل يعنى انه دخل بقدرة من الطاقة اكبر ، وخرج بقدرة أصغر ، والفرق بين ما دخل وما خرج قد احتفظ به التكوين المادى بصورة او باخرى .. مثله فى ذلك كمثل رصاصة تنطلق بشدة نحو انسان ، فتدخل من ناحية بقوة ، وتخرج من الناحية الاخرى بقوة أضعف ، والفرق بين طاقتيها قد تحول الى هدم وتمزق وتدمير .. اى انه قد ترك على هذا النظام الانسانى بصماته .. لكن هناك فرقا بين طاقة تنطلق بها رصاصة او يندفع بها كوانتيم .. ذلك لان الكوانتا لها طبيعة مختلفة ، ولهذا كان لا بد ان نستخدم معها لغة اخرى ، فنقول ان الكوانتا تدخل المادة بموجات اقصر ، او تردد اكبر ، وطاقة اضخم ، وتخرج منها بموجات اطول او تردد اصغر ، وطاقة اقل ، والفرق يظهر فى كوانتا اخرى لتقوم بشغل او عمل او حركة او ترابط اليكترونى .. الخ .

فالارض مثلا تستقبل من الشمس طاقات هائلة (لكنها بالنسبة لما تطلقه الشمس ليست شيئا مذكورا) ، ولو احتفظت بكل ما يصل اليها ، لاصبحت سعيرا رهيبا ، لكن الامور تسير بحساب ، وتجرى بمقدار .. فمن الشمس تنطلق كل انواع الموجات الكهرومغناطيسية ، بداية من الموجات القصيرة جدا ، الى الطويلة جدا ، وما بين هذه وتلك تكون موجات الضوء والحرارة ، ولا بد من تصميم يباعد بيننا وبين طرود الطاقة ذات الموجات القصيرة للغاية ، ففيها قدرات هائلة لو انها تسلطت علينا لاهلكتنا ، لكن حمدا لله ان افاق الفضاء « مرايا » عاكسة غير منظورة ولا محسوسة ، تقوم على شكل احزمة خاصة تمتد الى مئات والاف الاميال على هيئة مجالات كهرومغناطيسية تبدأ من قطبى الارض وتحيط بها وتقف كالحارس الامين الذى يوجه حوالى ٣٠٪ من الاشعاعات الشمسية المندفعة الينا ، ويغير مسارها ، ويشتتها فى الفضاء مرة اخرى .. والواقع ان هذه النسبة المشتتة يكمن فيها البلاء ، ويجرى فى ركابها الموت والدمار .. فالكوانتم الواحد منها قد يحمل فى طياته طاقة اقوى بملايين وبلايين المرات من طاقة وحدات الضوء (الفوتونات) التى تستقبلها عيوننا ، وبها نرى عالمنا .

ثم تتقبل ارضنا مع غلافها الهوائى من الطاقة الشمسية النصيب الأوفى (اى حوالى ٧٠٪) .. لكن جزيئات الهواء فى طبقات الجو العليا تقف بدورها لتتلقى نيابة عنا ضربات الاشعاعات ذات الباس الشديد ، فتمتص جزءا كبيرا من طاقاتها الهائلة ، وبهذا تتحول الاشعة القاتلة من موجات ذات تردد عال او طاقة اكبر الى اخرى ذات طاقة اقل ، او موجات حرارية اطول ، وبعدها يدخل الى ارضنا جزء من طاقة مناسبة ، وينعكس جزء آخر ليعود الى الفضاء ، وكانما الغلاف الهوائى فى طبقاته العليا قد اصبح بمثابة مرشح كونى عظيم ليصفى ما يصل الينا من أدران الاشعة الشمسية واخطارها ، وبما تستقيم به الحياة على كوكبنا ، وليصبح ايضا بمثابة الغلالة التى تحميها وتشيع الدفء فى جنباتها .

واذا كان تفاعل الطاقة مع المادة عملية مستمرة ومتقنة وموزونة لكى تتوازن بها الحياة على ارضنا ، فان هذا التفاعل ذاته قد تسلط على كوكبنا منذ آلاف الملايين من السنين ليصل بين شتات جزيئاتها الشاردة ، ويؤلف بينها ، ويحولها من صورة الى اخرى ، لكى تصبح صالحة لبناء الخلية الأولى التى اشتق منها بعد ذلك كل هذا الطوفان الحى من المخلوقات .. وعلينا الآن ان نتعرض باختصار لهذا الحدث الهام الذى هيأ الارض لظهور الحياة .

•••

الطاقة .. وجزيئات الحياة الأولى

رغم ان قصة ظهور الحياة على هذا الكوكب مثيرة وطويلة ، الا ان اهم حدث فيها ، قد جاء نتيجة لتفاعل عنيف بين سيل منهمر من طاقة جبارة وبين جزيئات بسيطة مشردة من المادة ، ولقد كان جو هذا الكوكب في الازمنة الغابرة غير جوه بعد ان نشأت عليه الحياة ، وكانت بحاره وتضاريسه تختلف اختلافا هائلا عما نراه الآن .. ففي اجوائه القديمة ـ التي يرجع تاريخها الى اكثر من اربعة آلاف مليون عام ـ انتشرت غازات سامة وخانقة مثل الامونيا (النوشادر) والميثان والايدروجين ، وعليها تسلطت ينابيع طاقة تأتيها من فوقها ومن تحتها ومن بينها .. فأما التي جاءتها من فوقها ، فكانت اشعة كونية وشمسية بها تركيزات عالية من اشعة جاما والاشعة السينية (اشعة اكس) والاشعة فوق البنفسجية . واما ما جاءها من تحتها فكانت مما تطلقه المواد المشعة من طاقات بأسها شديد ، واما الذي جاءها من بينها فكان من التفريغ الكهربي بين أرضها وسحابها ، او بين سحابها وسحابها ، فيتحول هذا التفريغ الى برق وحرارة ، ليتخليا من طاقتهما الى جزيئات ذلك الجو الكئيب الذي يدثر الارض بغلالة قاتمة من ابخرة كثيفة حجبت نور الشمس من الوصول الى سطحها عشرات ومئات الملايين من السنين ، وكان لا بد من حدوث ما ليس منه بد ، فهذه الطاقات الهائلة التي تضرب جزيئات المادة ليل نهار ـ ولحقب طويلة جدا من الازمنة ـ لم تذهب سدى ، بل هيأتها ونشطتها ودفعتها دفعا للدخول في سلسلة طويلة من التفاعلات الكيميائية التي استمرت ربما الف مليون عام او يزيد ، وكانت النتيجة ـ باختصار ـ ان تحولت نسبة من الجزيئات غير العضوية الى جزيئات عضوية شتى ، وغسلتها مياه الامطار ، واعادتها الى البحار ، وخرج غيرها الى الهواء ، وانطلقت الطاقة ، وتكررت الامور ملايين وبلايين المرات ، وتركزت المادة العضوية على سطح الارض .. بسيطة في اول الامر « ثم تفاعلت جزيئاتها وتطورت وتعقدت ، وينابيع الطاقة تقلبها ذات اليمين وذات اليسار ، وكأننا نحن أمام « طبخة » كونية هائلة تجرى على سطح الارض وفي جوها لمئات الملايين من السنين ، حتى تضجت واستوت على هيئة جزيئات عملاقة تجمعت بدورها وتفاعلت ، وعلى نفسها اعتمدت في اطلاق الطاقة ، وبها دارت آلية الحياة .. بطيئة في اول الامر للغاية ، ثم اسرعت معدلاتها شيئا فشيئا ، وانبثق من كل هذا الخلية الأولى التي اصبحت بمثابة « آدم » الخلايا .. لكنها لا زالت خلية بدائية ، وانقسمت وتكاثرت وتوزعت وتحملت كل الظروف القاسية التي كان يتعرض لها جو هذا الكوكب وسطحه وماؤه ـ وبدأت عمليات التطور والصقل والتهذيب في جزيئات الحياة الوراثية ، ولا زالت الاشعة بطاقاتها المختلفة تلعب دورا اساسيا في تحوير الخلايا من خلال معلوماتها الوراثية الكيميائية ، وبهذه العملية المستمرة تنوعت الخلايا في ميكروب واميبا ونبات وحيوان وانسان ، ورغم ان الخلايا مختلفة في الشكل وفي الوظيفة ، الا انها جميعا قد نشأت من خلية واحدة .. سواء كان ذلك في الارحام على هيئة خلية اولى ملقحة ، او كان ذلك في « رحم » الارض عندما تمخضت عن بذرة الحياة ممثلة في الخلية البدائية الأولى .

والواقع ان مثل هذه التفاعلات التي لعبت فيها الطاقات دور الوسيط بين الجزيئات ، ودفعتها الى سلسلة من الارتباطات الاليكترونية ـ التي لن تتوقف ابدا على هذا الكوكب ـ يمكن اليوم محاكاتها في معامل العلماء وتحت الظروف نفسها التي تعرضت لها الارض منذ آلاف الملايين

من الســــنين .. ومن اولى هــذه التجــاربما قام به دكتور ميلفين كالفين Melvin Calvin ومساعدوه فى جامعة كاليفورنيا، ففى عام ١٩٥١وجهوا الاشعاعات ذات الطاقات العالية الناتجة من أحد المفاعلات الذرية على وعاء به ماء وثانىاوكسيد الكربون ، وحصلوا من ذلك على كميات معقولة من الفورمالين وحامض الفورميك ، ويعنىهذا ان الطاقة قد حولت الجزيئات من صورتها غير العضوية الى صورتها العضوية ، ويعنى اكثران الفورمالين هو البدايـة التى يمكن ان يتخلق منها جزيئات سكر الجلوكوز ، وهذا السكر بدورهءهو وقود الحياة الذى تعتمد عليهمعظم المخلوقات.

وفى عام ١٩٥٢ قــام ستانلى ميلــر تحتاشراف دكتور هارولد يورى من جامعة شيكاغو بخلط مركبات الميثان والأمونيا وبخار الماء (وهىالمركبات الثلاثـة البـسيطة التـى كانت ــ على الارجح ـــ سائدة فى جو الارض قبل أن تظهرعليها الحياة) فى وعاء تدور فيه لتتلقى « جرعات » من الطاقة ناتجة من شرارات كهربية تماثل التفريغالذى يحدث فى الجو ليؤدى الى برق ورعــد ، وبعد حوالى عشرة أيام قام ميلر بتحليل الخليط ،فوجد فيه جزيئات من مركبات عضوية شتى ، وكان من اهمها بعض الاحماض الامينية ، وهذهبمثابة اللبنات الكيميائية الاولية التى تترابط فى جزيئات اعقد ، فتؤدى الى تكوين البروتيناتالتى تهيمن على عمليات الحياة فى الكائنات .

ثم تتابعت تجارب كثيرة على النمط ذاته ،مع اختلاف مصادر الطاقات وانواعهـا .. من طاقة حرارية الى فوق البنفسجية الى سينية . . الخ ، وتمخضت جميعها من تكوين معظم الجزيئات التى تدخل فى تأسيس حياة الخليـة . . وبهذاخرجت الطاقة جزيئات المـادة من « غفوتها » وخمولها ، واعطتها قوة دافعة ، لتشق طريقهاعبر الفى مليون عام حتى يومنا هذا ، ولكن بعد ان تغير جو هذا الكوكب تغيرا جوهريا من خلالجزىءحيوى استطاع ان يقتنص الطاقـة الضـوئية ؛ ويختزنها فى روابـط اليكترونيـة بين مركبـاتكيميائية ، ويسلمها بعد ذلك لعجلة الحياة لتدور بها قوية دافقة فى انسان وميكروب ونبات وحيوانولمئات الملايين من السنوات الماضية ، وربما ايضا لمئات والاف الملايين من السنوات القادمة ، ولولاهذا الجزىء الفريد لبقيتالارض عقيمة،ولاستمر غلافها الهوائى محتفظا بغازاته السامة والخانقة ،ولسارت فيها الحياة بدائية مشردة فى بضع انواع من الميكروبات التى يطيب لها الحياة فى جو لو اننا تعرضنا له لبضع دقائق ، لوضع حدا لحياتنا ، لكن هذا الجزىء الهام قد غير الامور لصالحنا .

فالى صورة اخرى من صور اقتناص الطاقةالشمسية ، لتتحول فى الكائنات الحية الى طاقات اخرى ، لها مع الخلايا دورات شتى .

• • •

بطاريات حية دقيقة للطاقة الضوئية

ما كان لهذا الكوكب ان يعمر بنا أو بغيرنا لولم تنشأ عليه مصائد خاصة تستطيع ان تقتنص نزرا ــ ولو يسـيرا ــ مـن الطاقـة الشمسية ،وتختزن بطريقة فعالة ، حتى لايضيع كل شىء فى الفضاء هباء ، فماذا يفيدنا نحن لو جاءت الاشعةالضوئية والحراريـة لتدفىء الكوكب ، وترفع السحاب ، وتسقط الامطار ، لم يضيع كل هذادون أن نستفيـد منه بما يكفـى غـذاء نملة أو برصور ! . . لو ان ذلك قد حدث ، لما كان هناكهدف ، ولأصبح كل شىء عبثا فى عبث .

لكن الاشياء ظهرت بمواقيتها ، وكان لابدمن تهيئة الجـو المناسـب ، والبيئة الصـالحة لانتشار بطاريات شمسية على سطح هذا الكوكب،ولتكون ادق واكفا تصميم من « صنع الله الذى

الّتي كل شيء » ، لتستمر فى اداء مهمتها دون خلل او توقف طوال آلاف الملايين من السنين ، وبهذا تحول الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية هي التي تترابط بها جزيئات هذا الورق ، وهي القوة المحركة التي ادارت الآلة فطبعت هذا الكلام ، وهي التي حركت اصابع من جمع تلك الحروف ، ومن كتب اصولها ، وهي التي تحرك الآن ما يجري فى خلاياك لتفكر فى معنى هذا المقال ، ولتعرف شيئا من اسرار هذه الطاقات التي تدخل بصورة ، وتخرج بصورة اخرى .

ولكل شيء اساس ، ولكل خلق بداية .. والبداية تظهر بسيطة ، ثم تتطور مع الزمن الى الاكفأ والاحسن .. ولقد بدأت الجزيئات التي استطاعت ان تلتقط الطاقة الضوئية بدايتها البسيطة منذ اكثر من ١٥٠٠ مليون عام ، وهي ما نعرفها الآن باسم جزيئات الكلوروفيل Chlorophyll التي تضفي على النباتات لونها الاخضر ، وتنتشر فى داخل بنايات حية دقيقة بنظام خاص ، ولتصبح بمثابة بطاريات شمسية تعرف باسم البلاستيدات الخضراء Chloroplasts .. ولقد ظهرت اول ما ظهرت فى الطحالب التي عاشت — وما تزال تعيش — فى المياه العذبة والمالحة ، لتصبح بمثابة المراعي الخضراء للكائنات المائية الحيوانية التي تكاثرت وترعرعت وتنوعت وتطورت فى عشرات الالوف من الانواع التي انقرض بعضها ، وصمد بعضها الآخر لظروف الحياة الصعبة ، ثم استمرت حياته ليكون لنا ولغيرنا لحما طريا غذاء للآكلين .

وتطورت الخلايا الطحلبية البسيطة الخضراء ، وتعقدت فى اعشاب مائية ، وبعد مئات الملايين من السنين استطاع بعضها ان يهجر الماء ليعيش على الشاطئ ، وبه تكيف وتأقلم ، واخذ يهاجر على اليابسة من موقع الى موقع ، وبدا وجه الارض الكالح يكتسي بالخضرة والمراعي والغابات ، وعليها ظهر طوفان من انواع الحيوانات ، وعلى مدى مئات الملايين من السنين دارت الحياة ببطارياتها ، واخذت تتناول كل عام بلايين الاطنان من مادة هذا الكوكب البسيطة الخام ، وتحولها الى حياة .. الحياة تعود الى الارض ميتة على هيئة خامات ، وفيها تتحلل بجيوش من الميكروبات ، ولتمتصها جذور النبات ، وتعيد بناءها الى حياة .. الحياة الى خامات .. الخامات الى حياة .. وهكذا تكررت الدورة بلايين البلايين من المرات ، ولا زالت تتكرر حتى يومنا هذا .

وبظهور هذه البطاريات الشمسية الطبيعية (البلاستيدات الخضراء) تغير جو الكوكب من صورته المختزلة Reducing Atmosphere التي لا تساعد على الحياة (اللهم الا لبعض كائنات لاهوائية دقيقة) الى صورته المؤكسدة التي نعرفها اليوم (اى ظهور الاوكسجين) ، فحيث بدأ جو هذا الكوكب — على الارجح — بغازات الامونيا والميثان والايدروجين وبخار الماء وربما كبريتيد الايدروجين (وكلها غازات مميتة) حدث فيه تغير تدريجي عندما بدأت النباتات الخضراء الدقيقة (الطحالب) تقوم بعملية التمثيل او البناء الضوئي Photosynthesis ، ومنها انطلق الاوكسجين شيئا فشيئا ، واكسد الغازات المختزلة فاختفت رويدا رويدا ، ثم انطلق الى طبقات الجو العليا ليتلقى نيابة عن الجزيئات التي تحته ومن مخلوقات الارض تلك الطاقات الرهيبة التي تأتينا على هيئة اشعة فوق بنفسجية ، وعندما تقبلت جزيئات الاوكسجين صدماتها العاتية نشطتها وادخلتها فى عمليات اتحاد وترابط ، لتتحول فيها نسبة من ذلك الغاز الحيوي الى غاز الاوزون ($3O_2 \rightarrow 2O_3$ — اى دخلت ثلاث جزيئات من الاوكسجين O_2 فى تكوين جزيئين من غاز الاوزون O_3) الذى ينتشر فى طبقات الجو العليا حتى يومنا هذا كطبقة عازلة بين اشعاعات متهورة ، ومخلوقات حية .

وهكذا يتضح لنا هنا ايضا كيف تتعامل موجات الطاقة مع ذرات المادة وجزيئاتها لتهيئها لتفاعلات مختلفة تنشأ منها الحياة ، ولقد استفاد علماء الكيمياء من ظاهرة تنشيط الضوء للجزيئات

الكيميائية لتدفعها الى الدخول فى عديد مـن التفاعلات ، ومن هنا اطلقوا على هذا الفرع من فروع علم الكيمياء اسم الكيمياء الضوئية Photochemistry ، ولا يهم ان كان الضوء هنا منظورا او غير منظور – اى يقع فيما وراء حدود ابصارنا مثل الاشعة فوق البنفسجية او الاشعة تحت الحمراء .. الخ ، وكما جاءت الحياة ببطارياتها الشمسية الدقيقة الحية من قديم الاول لتقتنص الطاقة الضوئية وتحولها الى طاقـة كيميائية مخزونة ، كذلك يجىء علماء الفيزياء ليستنبطوا الخلية الضوئية Photocell وهى التى تقوم باستقبال الطاقة الشمسية وتحويلها الى طاقـة كهربية او حرارية او اية صورة اخرى من صور الطاقة ؛ كما انها – اى الخلية الضوئية – تستقبل ايضا الموجات الكهرومغناطيسية غير المنظورة لعيوننا ، وتتفاعل بها ومعها ، وتحدد لنا مالا نستطيع ان تحدده او نشعر به ونراه .. لكن لا وجه للمقارنة بين ما صنعت عقولنا ، وبين ما صنع الله .

فالبطارية النباتية الدقيقة او البلاستيدة الخضراء تبدو تحت عدسات المجهر الضوئى كأجسام بيضاوية او عدسية صغيرة تتوزع فى خلايا خاصة تعرف باسم الخلايا الخضراء Chlorenchyma ، واحيانا ما نشاهد هـذه الاجسام وهى تدور فى الخلية مع مادة الحياة ، ثم وهى تتقلب لتستقبل الطاقة الضوئية على جوانبها المختلفة .. هذا ويبلغ طول كل قرص او بطارية حوالى خمسة اجزاء مـن الف جزء مـن المليمتر ، وسمكها مابين جزئين الى ثلاثة اجزاء من الف جزء من المليمتر ، وتحتوى الخلية النباتية على اعداد متفاوتة من هـذه البطاريات الدقيقة الحية تتراوح مابين ١٠ ، ١٠٠ بلاستيدة خضراء (شكل ٢) .

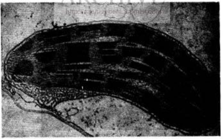


شكل (٢)

قطاع فى ورقة نبات كما يظهر مكبرا تحت عدسات الميكروسكوب وفيه تظهر البلاستيدات او « بطارياتنا » الخضراء الحية (الأجسام البيضاوية) التى تحول الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية تبنى بها جزيئات الغذاء والكساء والدواء .. الخ .

ورغم ان هذه الاجسام الصغيرة تبدو بسيطة وهي تسبح في خلاياها ، ورغم انها تقوم بعملها دون ضجة أو ضوضاء ، الا ان ظاهرها غير باطنها .. ففي داخلها بنايات جزيئية ، وتصميمات اليكترونية ، وتنظيمات هندسية بالغة الدقة والتعقيد حتى تتهيأ لاعظم واخطر عملية على سطح هذا الكوكب ، ولتكون الوسيط الحقيقي الذي يحول الضوء الى طاقة حياة تتجلى في كل الخلايا ـ من أول الميكروب الى الانسان .. ولقد اوضح لنا الميكروسكوب الاليكتروني جزءا كبيرا من التصميم الدقيق الذي قامت به هذه البطاريات وسارت في طريقها المرسوم لتمنح هذا الكوكب كنوزا من الطاقة المختزنة ، ثم تعاون علماء البيولوجيا والكيمياء التحليلية والحيوية والفيزياء البيولوجية Biophysics على التعمق في تحليل اجزاء تلك البطارية التي تقع فيما وراء حدود عيوننا الطبيعية « والصناعية » (اي الميكروسكوب الضوئي والاليكتروني) فاذا بنا نقف أمام عالم مليء بالروعة والابداع ، ورغم ان ممر بحوثنا المضنية في هذه البطارية الحية ترجع الى عشرات السنين ، ورغم ان حصيلتنا العلمية متهاطلة ، الا ان كل اسرارها العميقة لم تتكشف لنا بعد ، اذ لو تكشفت ، لاستطعنا ان نحاكي الحياة في فكرتها ، ونسيطر على تحويل الطاقة الشمسية الى طعام للافواه الجائعة !

وبدون الدخول في التفاصيل التي تحتاج الى اساس عميق في علوم الفيزياء والبيولوجيا والكيمياء ، نستطيع ان نقول ان البلاستيدة او بطاريتنا الضوئية الحية بناية صغيرة مستقلة من داخل بناية اكبر (اي الخلية) .. لكن البناية الاصغر تتكون بدورها من بنايات ادق ، وتصميمات اضال ، لتبدو امامنا كطبقات او صفائح لا تستطيع الصورة ان توضح معالمها الدقيقة ، رغم ان قوة التكبير فيها تصل الى حوالي ٣٢ الف مرة (شكل ٣) .



شكل (٣) بلاستيدة او بطارية ضوئية حية كما اظهرها قطاع الميكروسكوب الاليكتروني على هيئة طبقات من فوق طبقات .. او صفائح حية جد رقيقة تتكون من بنايات متداخل بنايات لكن التكبير (حوالي ٢٥ الف مرة) لا يستطيع ان يظهر تفاصيلها الدقيقة .

ومع ذلك ، فلقد استطاع العلماء ان يلتقطوا صورا تصل قوة التكبير فيها الى أكثر من مائتى الف مرة ، وعندما فحصوا تفاصيلها الدقيقة ،تبين ان الصفائح بدورها ليست الا بنايات جزيئية عملاقة (والوصف هنا نسبى) تقاس اطوالها وسمكها بالانجستروم (الانجستروم وحدة قياس ذرية وجزيئية تساوى جزءاً من عشرة ملايين جزءمن المليمتر) وفى هذه البنايات الذرية يتراءى لنا حقا جمال التنسيق ، وجلال البناء .. فجزيئات الكلوروفيل هي التي ستتعامل مع وحدات الطاقة الضوئية ، ولابد من تصميم خاص على مستوى بناء الجزىء ذاته ، ثم انتظامه بعد ذلك فى صفوف متراصة بين طبقات من بروتين ودهون ، الا اننا لم نستطع حتى الآن ان نتوصل الى معرفة التفاصيل الدقيقة لهذه البنايات الجزيئية ، ولماذا اتخذت هذا الوضع ، او تراصت بهذا الترتيب .

فجزىء الكلوروفيل (**شكل ٤**) يبدو أمامنا وكأنما له راس وذنب ، وتتمركز فى الراس ذرة ماغنسيوم ، وحولها بناية ذرية تتكون من نيتروجين وكربون وايدروجين واوكسجين ..



شكل (٤) ـ هذا التنظيم الهندسي البديع نموذج لبناية جزيئية تمثل جزىء الكلوروفيل المسئول عن أضخم عملية تتم على سطح هذا الكوكب « لاصطياد » الطاقة الضوئية لتنطلق بها كل الكائنات الحية (الجزىء يتكون من ذرات كربون تظهر كدوائر سوداء كبيرة ، وذرات ايدروجين كدوائر سوداء صغيرة ، وذرات اوكسجين كدوائر بيضاء ، وفى مركز « راس » الجزىء ذرة ماغنسيوم Mg ، وحولها اربع ذرات نيتروجين N) .

وحول نوى هذه الذرات تطوف اليكترونات في مدارات ذات مستويات محددة من الطاقة ، وعندما تسقط الطاقة الضوئية على ورقة نبات ، تنهمر الفوتونات او الكوانتا ذات الطاقات المختلفة على الاليكترونات التي تدور في مداراتها الثابتة . وتتخلى لها الفوتونات عن طاقتها التي كانت بها تجري ، ويحمل كل اليكترون الطاقة التي اصابته حملا ثقيلا ، وبها يقفز من مداره الى مدار اعلى واوسع ، وكأنما هو يخرج من ضنكه الى فرج ، لكن ذلك الحمل الثقيل لن يستمر طويلا ، فبعد اقل من جزء من مائة مليون جزء من الثانية يقفز الاليكترون الذي « هاجر » ليعود الى موطنه او مداره الاصلي ، وفي اللحظة ذاتها يتخلى عن الطاقة التي استقبلها ، فتقفز هذه بدورها عليها تهرب ، لكن هذا التشييد المنظم قد صمم بطريقة فذة ليمنعها من الهرب ، والى هذه النقطة بالذات لانعرف يقينا ما يحدث بعد ذلك .. وكل ما نعرفه ان الطاقة تختفي فجأة في هذه الفترة الوجيزة للغاية والتي يطلق عليها فترة التفاعل الضوئي **Light Reaction** لتظهر في تفاعلات كيميائية تتم في الظلام **Dark Reaction** ، وتتحول الى روابط اليكترونية ـ غنية بالطاقة ـ في جزيئات خاصة اسمها ثلاثي فوسفات الادينوسين ، وعندما تفرغ هذه الجزيئات شحنتها ، ينكسر الرابط الاليكتروني ، وينفكك الجزيء الى فوسفات وثنائي فوسفات الادينوسين وطاقة متحررة ، ويعاد الثنائي الى البطارية الحية ويتحول الى ثلاثي ، وينطلق ليفرغ ، ويعود ليشحن .. وهكذا تتكرر عمليات الشحن والتفريغ ملايين البلايين من المرات في كل ثانية تمر من عمر ورقة نبات .. ومن وراء ذلك فوتونات ضوئية تثير اليكترونات في ذراتها ، فتقفز من مداراتها ، ولتخلق بذلك ـ في تلك البطارية الدقيقة ـ تيارا اليكترونيا يعبر جزيئات الكلوروفيل في ومضة خاطفة والى يعود مرة اخرى .. وكأننا نحن امام اصابع كثيرة غير منظورة تنهمر على اوتار آلة موسيقية ، ليخرج منها نغم له معنى .. وكذلك تعزف الطاقة مع المادة لحن الحياة ، ليخرج من ذلك غذاء لبلايين البشر ، وملايين البلايين من الكائنات الاخرى التي تنتشر على هذا الكوكب ؟

والواقع ان النبات يستهلك في عملية البناء الضوئي غاز ثاني اوكسيد الكربون والماء ، وبالطاقة ينشق الماء الى شقين ، احدهما ايدروجين والآخر اوكسجين ، والغريب ان انشقاق الماء على هذه الصورة يحتاج الى درجة حرارة تصل الى حوالي ثلاثة آلاف درجة مئوية ، لكن بطاريتنا تقوم بهذا العمل العظيم دون ضجة او ضوضاء .. ويتصاعد الاوكسجين الى الهواء ، ويتجه الايدروجين الى غاز ثاني اوكسيد الكربون ليختزله (اي يزيح منه جزءا من اوكسجينه ويحل محله) . ومن خلال سلسلة من العمليات الكيميائية المعقدة ـ التي لا تستمر الا ثوان معدودة ـ تحصل على جزيئات سكر جاهزة ، بها طاقات مختزنة ، وقد تنطلق طاقتها بعد قليل ، او قد تختزن فيها لملايين السنين ـ كما هو الحال في الوقود الحفري الذي نستخلصه من باطن الارض على هيئة غازات طبيعية او فحم او بترول ، فعندما نحرق هذه بدورها ، فان ذلك يعني اننا قد حررنا الطاقة الشمسية التي « اعتقلها » النبات في جزيئات كيميائية منذ عشرات او مئات الملايين من السنين ، واحتفظت بها الارض في باطنها ، حتى تأتي لنستخرجها وتعيدها سيرتها الاولى .. اي غاز ثاني اوكسيد الكربون وبخار ماء وطاقة ، لتعيد النباتات اليوم بناءها من جديد .

وبالرغم من ان النباتات الخضراء لا تستهلك من الطاقة الشمسية الواصلة الى ارضنا الا حوالي ٢٤ر٠٪ (ربع في المائة فقط) الا ان هذه النسبة الضئيلة تمثل لنا اعظم واكبر عملية انتاجية تتم على هذا الكوكب .. فالعالم البارز **رابينوفيتش** **Rabinowitch** يقدر ان كل

الاوكسجين الموجود فى الغلاف الهوائى يمكن ان يتجدد بها فى غضون الفى عام (مما يذكر ان كمية هذا الغاز فى غلافنا الهوائى تصل الى اكثر من ٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫١ طن .. اى مليون بليون طن)، وتفلق كل جزيئات الماء الموجودة فى البحار والمحيطات فى غضون مليونى عام (كمية الماء حوالى ٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٣٧٠٫١ طن - اى حوالى واحد وثلث مليون مليون مليون طن) وتستهلك كل ثانى اوكسيد الكربون الموجود كخامة بناء فى الهواء فى عشر سنوات فقط (كتلته فى الهواء ٦ر٢ مليون مليون طن) .

وفى كتابه «النبات» يذكر دكتور فريتز ونت « **ان عملية التمثيل الضوئى اضخم عملية انتاجية وحيدة فى العالم » .. ثم يضيف « واذا كانت العبارة السابقة مغاليا فيها ، فعلينا ان نتمهل قليلا لنرى ماذا يمكن ان تعنيه هذه العملية .. فبقنة الطاقة لايمكن ان يقارن بها شىء آخر ، فهى التى تدفع النباتات الخضراء لتنمو ، بداية من القمح والذرة فى اوروبا ، الى القطن فى مصر .. ومن النباتات اليافعة فى الغابات المطيرة بامريكا الجنوبية الى الحشائش النامية على سهول افريقيا وآسيا ، الى اشجار السيكويا الضخمة فى كاليفورنيا .. وبلغة الانتاج تبدو صناعات الانسان بجوارها شيئا تافها .. ففى كل عام تنتج مصانع الصلب حوالى ٣٥٠ مليون طن ، ومصانع الاسمنت ٣٢٥ مليون طن .. لكن انتاج النباتات الخضراء يصل الى ٫٠٠٠ر١٥٠ مليون طن من السكر سنويا ، وكل هذا من عملية وحيدة لم يستطع احد ان يحاكيها فى انابيب الاختبار حتى الآن ، فالواقع ان عملية التمثيل الضوئى عملية بدأنا بالكاد نفهم اسرارها !**

هذا ويقدر بعض العلماء ان نباتات هذا الكوكب (فى اليابسة والمحيطات) تقوم بمساعدة الطاقة الشمسية على تحويل او بناء ٥٥٠ الف مليون طن من غاز ثانى اوكسيد الكربون مع حوالى ٤٥٠ الف مليون طن من الماء ، لتتحول الى مادة عضوية تصل كتلتها الى حوالى ٣٧٥ الف مليون طن (على هيئة سكر) ، ومعها حوالى ٤٠٠ الف مليون طن من غاز الاوكسجين الذى ينطلق فى الهواء .. وتتكرر هذه العملية عاما فى اثر عام كما تكررت قبل ذلك منذ مئات الملايين من السنين !

ولا شك ان النباتات الخضراء بمثابة مصانع حية تعيش على ادارة آلية الحياة فيها بواسطة جزيئات الكلوروفيل (وجزيئات اخرى ملونة كالكاروتين) المشيدة فى بطاريات لتمد كل ما على هذا الكوكب من كائنات اخرى بما تحتاج اليه من طعام .. وكلما سعى الانسان الى زيادة الرقعة الخضراء ، فان ذلك يعنى مزيدا من هذه المصانع الحية المنتجة للغذاء والدواء والعطور والكساء .. الخ ، لسكان ارض يتزايد عددهم عاما بعد عام .

• • •

طاقات مختزنة

وعملية البناء الضوئى فى النبات ، او تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كيميائية قد استمرت على هذا الكوكب مئات الملايين من السنين ، وكانت الطاقة تنتقل من نبات الى حيوان الى ميكروب الى نبات الى حيوان الى ميكروب ، وهكذا .. فعندما يموت الحيوان والنبات يعودان الى الارض ، فتعيش عليهما الميكروبات ، وتستخلص الطاقة ، وبها تتكاثر ، وتحيل ركام الحياة الى عناصر ومركبات بسيطة وغازات ، ليعيد النبات بناءها من جديد ، الا ان نسبة ضئيلة جدا من البقايا النباتية والحيوانية قد تهيأت لها ظروف خاصة ، واصبحت بمنأى من نشاط الميكروبات ،

ثم دفنتها الارض بين طبقاتها على هيئة حفريات غازية وصلبة وسائلة ، وهو ما نطلق عليه اسم **الوقود الحفري** Fossil Fuels الذي يشكل الآن مخزونا هائلا تصل كمية الكربون فيه الى اكثر من ٥٠ ضعفا من الكربون الموجود في كل الكائنات الحية على سطح هذا الكوكب .

ففي جوف الارض تكمن جبال من الفحم النباتي والحيواني تصل الى حوالي ٧٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ طن ، لم يستهلك منها حتى الآن سوى ٢,٥٪ ، وبحار من البترول نستخرج منها في ايامنا الحاضرة ما يقرب من ١٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ برميل سنويا ، وتزيد هذه الكمية بنسبة ٧٪ كل عام ، وهذا يعني ان ما يحصل عليه الانسان سوف يتضاعف كل عشرة اعوام ، ومع ذلك فلا يزال لدينا مخزون يصل الى اكثر من ١,٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ برميل ، لم نستهلك منه في كل السنين الماضية الا حوالي ٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ برميل (اي حوالي ١٣٪ فقط من المخزون) ، ومن الغازات الطبيعية ما يقرب من ١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ قدم مكعب (اي ١٠ كوادر بليون) ، لم نستهلك منها الا ١٥٪ .. وقد تزيد هذه التقديرات عندما يتوصل الانسان الى اكتشاف منابع جديدة باستخدام وسائل الرصد الحديثة .

والواقع ان عملية تحويل الكائنات الميتة الى وقود عضوي عملية بطيئة جدا ●، لكن اعطها عمرا ، تعطيك كميات هائلة من مصادر الطاقة تقدر ببلايين البلايين من السعور الحرارية او الكيلو واط او الوحدات الحرارية البريطانية او القدرات الحصانية ، او غير ذلك من قوى دافعة لحضارتنا الحالية التي تنبع اساسا من بقايا طاقة شمسية اصطادتها النباتات القديمة ، وعاشت عليها الحيوانات القديمة كذلك ، وحفظتها الارض في طياتها من التحلل حتى جئنا اخيرا لنستخرجها بعد عشرات ومئات الملايين من السنين على هيئة جزيئات مشحونة بطاقات .

●●●

« دينامو » الطاقة البيولوجية : الميتوكوندريون

الحياة التي تسري في داخلنا ، كالحياة التي تجري حولنا .. انها اخذ وعطاء .. هدم وبناء .. ارتباط وانفصال .. اكسدة واختزال .. تبسيط وتعقيد .. فقد اليكترونات او تقبلها ، اضافة اوكسجين او دخول ايدروجين .. الخ .

والواقع ان عمليات الحياة تقوم اساسا على امرين رئيسيين : اكسدة واختزال .. فالاكسدة تعني ارتباط ذرة من اوكسجين او اكثر باحد المركبات ، لكنها تعني ايضا ان تفقد الذرة او الجزيء اليكترونا او اكثر .. فالايدروجين مثلا ذرة متعادلة ، لانها تتكون من نواة بها بروتون يحمل شحنة كهربية موجبة ، ويدور حولها اليكترون يحمل شحنة كهربية سالبة ، وهذه تساوي تلك تماما ، ومن اجل هذا كان التعادل .. فاذا فقدت ذرة الايدروجين اليكترونها السالب اكتسبت صفة الايجابية ونكتبها هكذا : يد + (اي ايون ايدروجين موجب لانه فقد الشق السالب) ، واذا فقدت ذرة الحديد المتعادلة اليكترونين نكتبها هكذا : ح ++ ، واذا فقدت ثالثا اصبحت ح +++ ، واذا عادت اليها اليكتروناتها الثلاثة المفقودة بشحنات ثلاث سالبة ، فان هذه تطمس تلك ، وتعود الى ذرة حديد متعادلة « ح » (رمز الحديد الكيميائي) .

● الواقع ان هذه العملية لاتزال سارية حتى اليوم ، ويقال انه يتكون منها سنويا حوالي مليون برميل من الكائنات البحرية فقط التي تسقط الى القاع ، وتقع تحت ظروف مناسبة تحفظها من التحلل .

فعملية البناء والنمو فى الكائنات الحية تحتاج الى طاقة .. والنبات يستخلص طاقته الاساسية من الاشعة الشمسية ، وبها يشحن جزيئاته ، ولا بد ان يستهلك جزءا منها فى عمليات البناء والترميم والنمو والتنفس .. الخ والباقى يختزنه فى ثماره وبذوره وسيقانه وجذوره ، ويأتى الانسان والحيوان ليسطو على مخزون النبات ، ولكى يستفيد من الطاقة الحبيسة فى الجزيئات ، فلا بد من وجود مرفق يحرقها أو يؤكسدها لكى تتفكك الروابط وينطلق ما حبس فيها من طاقات ، وكلما كان الاحتراق كاملا ، كانت الطاقة الناتجة ذات كفاءة عالية (لأنها بذلك تستفيد من تكفيك اكبر عدد ممكن من الروابط الاليكترونية) .

وكما جاءت البلاستيدات الخضراء فى النبات كبطاريات دقيقة لتعتقل الطاقة ، جاءت ايضا الميتوكوندريا Mitochondria فى كل الكائنات الحية – من نبات وحيوان – لتحرر الطاقة فى عمليات احتراق يلعب فيها الاوكسجين دورا هاما .. فكما أن آلات الاحتراق والافران لا تشتعل بدون هواء يغذيها (الاوكسيجين هو الاساس) ، كذلك لن تشتعل جذوة الحياة فى المخلوقات بدون عملية تنفس يدخل فيها الاوكسجين ، كبداية ، ويخرج على هيئة ثانى اوكسيد الكربون كنهاية ، ثم يصبح ثانى أوكسيد الكربون فى النبات كبداية ، والاوكسجين كنهاية .. اى ان البداية والنهاية تدوران فى دورات لا تتوقف ابدا ، ولو توقفت لآلت الحياة الى نهاية اكيدة .

فحيث يستفيد النبات بغاز ثانى أوكسيد الكربون والماء والطاقة الشمسية فى عمليات بناء الجزيئات العضوية ، كان لا بد أن ينتج معها « الشعلة » الخفية التى تحرقها وتؤكسدها وتهدمها ، ثم تعيدها سيرتها الاولى .. اى غاز ثانى أوكسيد الكربون وبخار ماء وطاقة كيميائية يستفيد بها الكائن الحى فى حياته .. وعلى هذا الاساس كانت هناك دورتان متلازمتان ، يمكن التعبير عنهما بمعادلتين أساسيتين مبسطتين :

(١) ثانى اوكسيد الكربون + ماء + طاقة ضوئية ← (بناء فى النبات) سكر جلوكوز + أوكسجين

(٢) سكر جلوكوز + أوكسيجين ← (هدم السكر فى خلايا الحيوان والنبات) ثانى أوكسيد كربون + ماء + طاقة كيميائية (لبناء الحياة)

والواقع اننا نستطيع ان نحرق كيلو جرامامن السكر ، ليتحول الى دخان وبخار ماء ، وطاقة حرارية ، وكلما كان الاحتراق تاما وكاملا ، فان الدخان يختفى ، ويحل محله ثانى اوكسيد الكربون . وتنطلق طاقة اكبر ، لكننا لا نستطيع ان نستفيد بهذه الطاقة بالكفاءة ذاتها التى صممتها الحياة من اجل كائناتها .. فمن المبادىء المعروفة ، والمميزات المطلوبة فى اية آلة من الآلات ان تستفيد من الطاقة المتحررة باعلى كفاءة ممكنة ، ولهذا فان الانسان لم يتوقف عن السعى لاتقان تصميماته ، وتطوير آلاته ليستفيد باكبر قدر من الطاقة ، ومع التقدم الكبير الذى وصلنا اليه فى هذا المضمار ، فاننا لم نستطع ان نتوصل الى ما وصلت اليه كفاءة الآلة الدقيقة التى تدير الخلية الحية .. فالنسيج .. فالعضو .. فالكائن الحى .. انسانا كان ذلك او حيوانا أو نباتا .. فرغم اختلاف الكائنات شكلا وطبيعة وتكوينا الا انها تشترك جميعا فى وحدة واحدة .. هى وحدة الخلية .. ورغم اختلاف الخلايا كذلك من حيث الحجم والوظيفة والشكل ، الا انها تشترك فى مرافق اساسية .. ومن هذه المرافق مرفق الطاقة ، او الدينامو الذى يستخلصها من السكر ، ويشحن

بها بطاريـات جزيئيـة ادق ، ونعـرفه باسـم الميتوكوندريـون او محطة القـوى الخلويـة التي تنتشر بالعشرات والمئات فى كل خلية من الخلايا ،وبكفاءة تفوق كل ما نعرفه عن اطلاق الطاقات فى اختراعات الانسان وتصميماته .

ومرافـق الطاقـة او الميتوكوندريا – وهى كلمة يونانية من شـقين : **ميتوس Mitos** بمعنى خيط ، **وكوندروس Chondros** بمعنى حبيبـة ،اى الخيـوط الحبيبية – قد لوحظت لأول مرة تحت عدسات المجهر كأجسام دقيقة ، لكن احدا لم يعرف سر وجودها ولا اهميتها الا بعد مزيد من الدراسـات والفحص بالمجاهـر الاليكترونية . .وعندئذ وضحت الصورة البديعة لهذا البناء الذى لا يقل اثارة عن بنـاء البلاستيدات فى النبات . .لكن لكل منهما تصـميما وهدفـا محددا ليتبادلا صفقات الطاقة .

والواقع ان الحياة لا تحابى احدا ولا تجامله. . فالكل سواسية فيما يحصلون عليه من طاقات، ولهذا جاءت التصميمات لتساير ظروف الخلايا. . لا مستوى المخلوقات . ومع ان اشكال محطات القوى مختلفة ، واحجامها متفاوتة ، وتفاصيلها متباينة (شكل ٥) الا ان الفكرة فيها جميعا واحدة ووقودها واحد ، ونفايات احتراقها واحدة ، فاذا دفعنا الى « افران » الحياة بالخامة المناسبة على هيئة سكر ، فانها تتناوله فى سلسلة من عمليات الاكسدة او الاحتراق التى حيرت باسرارها العلماء ردحا طويلا من الزمان .



شكل ٥

شكل (٥) رسم توضيحى لطرازات عديدة من الميتوكوندريا او محطات استخلاص الطاقة البيولوجية الدقيقة كما كشفت عنها الدراسات فى الخلايا المختلفة (لاحظ ان الميتوكوندريون) الذى يزدحم بالاغشية او خطوط التشغيل الخاصة بهضم السكر يوجد فى الخلايا التى تتطلب يتبوعا كبيرا من الطاقة مثل خلايا عضلات القلب) .

لكن يجدر بنا ان نتعرض باختصار لتركيب الميتوكوندريا .. ففي التصميمات الدائرية او البيضاوية يتراوح قطر الواحدة منها بين ٢ر.–١ ميكرون ، ويصل طولها في التصميمات الخيطية ما بين ١ – ٧ ميكرون (الميكرون جزء من الف جزء من المليمتر) .. وتحيط كل محطة قوى نفسها بسورين رقيقين ، شيدا بطريقة خاصة لا زالت تثير جدلا ونقاشا بين العلماء ، هذا ويبلغ سمك كل سور حوالى ٧ ميللى ميكرون (جزء من مليون جزء من المليمتر) ، وتفصلهما مسافة تقدر بحوالى ٦ ميللى ميكرون ، وفي حين يبدو السور الخارجي املس القوام ، مستقيم البناء ، نرى السور الداخلي يتعرج وينحني في انثناءات داخلية قد تمتد وتتفرع لمسافات طويلة حتى تستفيد من الفراغات الداخلية قدر المستطاع (شكل ٦) .. لكن الذى يحدد ذلك هو العبء الواقع على هذه المحطات في طلب المزيد من الطاقة (مثل خلايا عضلات القلب) .. وعلى هذه الجدر او الأسوار الداخلية الرقيقة تتراص جيوش هائلة من الجزيئات المتخصصة في « حلب » الطاقة من مصادرها في سلسلة من الخطوات الكيميائية التي تتم في دفقات متلاحقة ، كأنما نحن نعود مرة اخرى الى خطوط التشغيل في المصانع الكبرى ، حيث يقف العمال المتخصصون في انجاز اعمال محددة في السلعة المنتجة .. **او كأنما نقف كذلك امام البلاستيدات الخضراء وهي تختزن الطاقة في جزيئات** ، لكن العملية هنا معكوسة ، لأن الميتوكوندريون يتناول سكر الجلوكوز – الذى ربطته بطاريات الحياة وشحنته بالطاقة – ويقوم بتفكيكه في خطوات متتابعة كذلك .

يعني هذا ان محطات القوة البيولوجية في الخلايا لا تحرق وقود الحياة كما يحدث ذلك في الافران والآلات لتنتج حرارة ، تمتصها جزيئات ، فتكسبها طاقات ، لتدفع بها آلات .. فتلك في الواقع افكار بدائية جدا اذا ما قورنت بالفكرة التي تقوم عليها اعمدة التشغيل في الميتوكوندريا ، اذ لو اشتغلت الحياة بنفس الفكرة التي يستغلها المهندسون في تشغيل آلاتهم ، لاحترقت المخلوقات وتفحمت .. صحيح أن « العادم » من وقود الحياة ووقود الآلات واحد (ثاني اوكسيد كربون وبخار ماء وطاقة) ، الا ان الهدف الاساسي من انتاج الطاقة ليس بغرض تسخين الخلية او تنشيطها بطاقة حرارية ، او لتوليد غاز وبخار لدفع مكبس ميكروسكوبي لادارة آلية الحياة .. بل هي اعظم من ذلك واجل .

لكننا لا نستطيع أن نتعرض هنا للتفاصيل البيولوجية التي تؤدى الى انتاج الطاقة ، ولا للتنظيم الذى تتواجد عليه البنايات الجزيئية المسئولة عن ذلك ، لأن هذا يحتاج الى صفحات كثيرة ، اضف الى ذلك ان الموضوع لا يزال يزخر بمتاهات واسرار لم تكتشف بعد ، لكن يكفي ان نذكر ان الروابط الكيميائية التي جاءت بها جزيئات الطعام التي تناولناها على هيئة سكريات ونشويات ودهون وبروتينات .. الخ ، وبالهضم تحللت الى وحداتها الاولية البسيطة – اى سكر الجلوكوز والفركتوز والجالاكتوز .. الخ والاحماض الامينية والعضوية والدهنية البسيطة – سوف تتوجه مع تيارات الدم الى الخلايا ، ومن الخلايا الى محطات القوى .. وفي محطات القوى تتناولها (السكر هو الوقود المفضل للحياة) الخمائر او الانزيمات المتنوعة والمتخصصة بمساعدة جزيئات اخرى تعرف باسم الانزيمات المرافقة او المساعدة Coenzymes والتي يقف معها ايضا في ساحة العمليات جزيئات تعرف باسم مستقبلات الاليكترونات وما تحتها (مثل مركبات تعرف باسم فلافين ادينين داى نيوكليوتيد FAD ، ونيكوتيناميد آدينين داى نيوكليوتيد NAD وسيتوكروم ا ، ب ، ج .. الخ) ، ومع هذه وتلك تقف جزيئات بروتينية وسيطة في ادارة مرفق الطاقة ، او تهيئة السكر وادخاله الى « فرن » الحياة بطراز آخر .. وباختصار ، فنحن نقف امام عالم مثير فيه من الابداع والتنظيم ما تتوه فيه العقول .

اين يذهب كل هذا الطعام ؟

وكما تقوم الحياة على عمليات بناء تتبعها عمليات هدم ، كذلك سارت المخلوقات على اساس ان هناك آكلا وماكولا ، وكل من اكل سوف يؤكل بعد حين ، ومن وراء ذلك سعي دائم من المخلوق للحصول على مصدر من طاقة يقيم بها اود حياته.

فالانسان يتناول يوميا ـ فى المتوسط ـ ثلاث وجبات من الطعام ، وقد يبلغ من العمر مائة عام ، ولو استفاد بكل ما اكل ، لبلغ من الوزن اطنانا ، ولجاوز الاشجار طولا .. لكن ذلك لا يحدث بطبيعة الحال ، فمعظم الكائنات الحية يتوقف نموها بعد فترات تختلف من مخلوق الى مخلوق ، وفى مرحلة النمو تجرى فيه عمليتا البناء والهدم ، ولا بد ان تكون الاولى اكبر من الثانية ، والا لما زاد فى الوزن .. وبعد ان يتوقف النمو ، يثبت وزن المخلوق عادة ، رغم انه لا يزال يتناول يوميا عدة كيلو جرامات ما بين طعام وشراب .. بعضه يستفيد به فى عمليات الترميم والبناء والتجديد فى مرافق خلاياه ، والجزء الاكبر يستهلكه كوقود يشعل به جذوة الحياة ، ويستخلص الطاقة من عملية اكسدة واختزال تجرى فى جسمه ليل نهار ، ومن اجل هذا كان على الانسان البالغ ان يستنشق كل عام ما بين اثنى عشر الفا الى اربعة عشر الف لتر من الهواء ، او بمعدل خمسة ملايين لتر فى العام الواحد ! .. ورغم ان الهواء بمعاييرنا ارخص ما فى الوجود ، الا انه بمعايير الحياة اغلى ما فيها ، فتوقف التنفس لمدة ثلاث دقائق وعدم امداد خلايا المخ بتموينها العاجل من الاوكسجين ، يصيبها بضرر بالغ ، بحيث قد يؤدى هذا فى اغلب الاحيان الى ان يفقد المخ سيطرته على الاجهزة الحيوية فى الجسم ، فتتوقف الحياة .. وتلك نتيجة طبيعية لعدم تحرير الطاقة اللازمة لهذه الخلايا الثمينة ، ومن هنا كانت هى اهم ما يعتمد عليه المخلوق لتطلق فيه شرارة الحياة .

وكل المخلوقات التى تعيش على هذا الكوكب تستهلك كميات هائلة من الاوكسيجين (عدا قلة قليلة من ميكروبات لاهوائية) ، وهذا يعنى فقدا هائلا فى المادة العضوية التى تحصل عليها وتهضمها وتمتص من عناصرها خيرة ما فيها ، ثم تحرق منها نسبة كبيرة كى تحرر طاقتها ، وبها تنشط وتكد وتعيش لتلتهم وتبني وتهدم .. والغاية المثلى من كل هذا هو الحصول على طاقة بيولوجية تمنحها الحياة ، ومن هنا كان الدافع الازلى الذى سيطر على كل المخلوقات لتاكل وتؤكل ..

لكن الامور ستتضح اكثر عندما نتعرض لاقتصاديات الطاقة وهى تنتقل من كائن الى آخر بداية من طحلب دقيق يعيش فى مياه البحار الى انسان يجلس الى مائدة ليتناول وجبة من سمك .. فلكى يحصل على مائة جرام صافية من سمك التونة مثلا ، ويتناولها كطعام ، فانه لا يستفيد منها الا بحوالى عشرة جرامات ، والباقي يذهب على هيئة نفايات واستهلاك لكى يحصل على الطاقة .. لكنه قد لا يدرك ان هذه الكمية الصغيرة من سمك التونة ، والكمية الاصغر التي استفاد بها فى ترميم وبناء خلاياه قد جاءت اساسا من الف كيلوجرام من « المراعى » البحرية الدقيقة التى تتواجد فى الماء على هيئة طحالب ، وتحصل على طاقتها من الاشعة الشمسية ، وبها تبنى مادتها الحية ، ومع عمليات البناء تسير عمليات الهدم ، والهدم ينبع اساسا من عمليات الاكسدة ، وهذه تعنى تنفسا ، والتنفس قد يستهلك ٩٠٪ من المادة الحية لهذه الكائنات ، لكن ذلك امر حيوى لاطلاق الطاقات .

ولو تركت الطحالب لتتكاثر بدون حساب ،لاستنفذت معظم العناصر الحيوية فى مياه البحار والمحيطات ، وكان لا بد أن تؤكل ، لتسير فى رحلةطويلة ، وتأتى كائنات حيوانية دقيقة لتأكلها ، وتفكك روابط جزيئاتها ، وتحصل على الطاقةالمخزونة فيها ، وبها تنمو وتتكاثر لتصبح وجبة غذائية لحيوانات قشرية صغيرة (كبراغيث الماء) .فهذه تعيش على الطحالب او على الحيوانات الاولية بما أكلت ، فتبنى القليل ، وتهدم ـ للحصول على الطاقة ـ الكثير ، ثم تأتى الاسماك الصغيرة ، لتأكل الحيوانات القشرية بما أكلت ،وعلى نفس الوتيرة تسير كما سار غيرها من قبل ، ثم تأتى الاسماك الكبيرة ، لتأكل الصغيرة بماأكلت .. ونأتى نحن فى النهاية لنصطاد الاسماك الكبيرة التي كونت لحمها من كل كائن أكل ما قبلها .. وفى كل الحالات يستهلك الآكل الكثير من المأكول ، لأن الهدم هو العملية السائدة ، ولا بدأن يكون الامر كذلك ، فلا بناء بدون طاقة ، ولا طاقة بدون هدم .

هذا ويضيف **س . م . يونج** فى بحث منشور بعنوان « الغذاء من البحر » ـ الى ما سبق أن ذكرناه ـ ان ما نحصل عليه من البحاروالمحيطات كثروة سمكية صالحة كطعام يصل الى حوالى ٤٠ مليون طن فى العام ، لكن الثروةالاصلية تصل سنويا الى الف مليون طن ، وهذه قد استهلكت حوالى مائة الف مليون طن من الطحالب التى تتكون كل عام بمساعدة الطاقة الضوئية فى عملية التمثيل الكلوروفيلى .. اى ان الاستفادة الحقيقية لا تتجاوز ١٪ ، والباقي يستخدم فى انتاج الطاقة ، او يخرج على هيئة نفايات .

وهكذا يتضح لنا ان الحياة تعيش على حياة اخرى ، مهما كان شكلها وحجمها ونوعها ودرجتها فى كادر المخلوقات ، ولا بد ـ والحال كذلك ـ ان يكون العرض اكثر من الطلب .. اى ان يكون المأكول اكثر من الآكل ، حتى لا يحدث الخلل ،ولا بد من وضع اسس انتاجية سليمة ، والا لتحولت المخلوقات الى كائنات هزيلة .. فالطاقة هي التى تحدد مستوى الكائنات ما بين قوة وضعف ، تماما كما تحدد ذلك ايضا على مستوى الدول .

وجاء الحل بسيطا ، وكان الانتاج به وفيرا ،وسار على هيئة هرمية .. فعلى مخلوقات القاعدة الهرمية ان تتكاثر بسرعة كبيرة ، وعلى التى تحتل القمة ان تحد من نسلها ، حتى يتوازن الهدم مع البناء .. أو الطاقة مع المادة الحية .

فالنباتات بكل انواعها ـ سواء كانت طحالب مائية او محاصيل ارضية أو اشجارا فى غابة او بستان ، او حشائش برية لرعى الحيوان ـ هى قاعدة الهرم ، ولهذا كان حتما مقضيا ان تتكاثر الطحالب الدقيقة بسرعة رهيبة لتنتج بلايين فوق بلايين من اطنان المادة الحية لتكفى الملايين التى تعلوها وتعيش عليها ، وهذه لا بد أن تتكاثر بدرجة اقل حتى تجد ما تبنى به اجسامها ، وما يكفى لمنحها طاقتها .. ثم نصعد الهرم مع الكائنات درجة فدرجة ، فنتقابل مع الاسماك الصغيرة التى تعيش على ما هو أصغر منها وتأكله بما أكل ، ثم يأتى السمك الكبير ليأكل السمك الصغير او غيره من كائنات اصغر بما اكلت ، ولا بد من وجود موازين بيولوجية تتحكم فى العرض والطلب ، وقد تتأرجح الموازين لتدل على شيء من خلل لكن الخلل لا يدوم طويلا ، ولا بد ان يعود التوازن من جديد !

•••

من طاقة ضوئية .. الى كيميائية .. الى اليكترونية .. الى امخاخنا !

اذا كانت البلاستيدات الخضراء والملونة قد شيدت فى النباتات لتستقبل الطاقة الضوئية، وتحولها الى نبضات كهربية، لتربط بطاقتها جزيئات كيميائية، وتختزن فى روابطها الطاقة المناسبة، فان فكرة التصميم ذاته قد شيدت فى عيوننا .. لكن مع الاختلاف بين النتيجة التى تتمخض منها الطاقة الضوئية فى العين والبلاستيدة.

ان الضوء هو المؤثر، والعين هو الوسيلة، والمخ هو الغاية .. فبدون ضوء فلن ترى العين شيئا، وبدون العين فلن يكون للضوء فائدة، وبدون مراكز ابصار فى المخ سليمة، فلن يكون الضوء والعين قيمة .. ولا بد ـ والحال كذلك ـ ان تكون الوسائل التي نرى بها عالمنا متكاملة، فكم من عيون سليمة كانت لا ترى شيئا، لان مراكز الابصار فى المخ قد صارت عقيمة .

لكننا لا نرى العالم المجسد امامنا باشكاله والوانه واختلافاته من خلال ضوء ينعكس منه الى عيوننا، ثم الى مراكز الابصار فى امخاخنا، اذ ليست الامور بمثل هذه البساطة، بل تسيطر عليها احداث عظيمة، وتنظيمات فريدة، حتى يمكن تحويل الطاقة الضوئية الى صورة اخرى تناسب التصميم البديع الذى جاءت به عيوننا وامخاخنا وما يربط بينها من « كابلات » عصبية تسرى خلالها نبضات اليكترونية .

ولقد اوضحت التجارب الكثيرة التى بدأت منذ عام ١٨٧٧ على ان الطاقة الضوئية تتحول الى طاقة كهروكيميائية .. وكان آخر هذه التجارب المثيرة تلك التى قام بها كل من **د. هيوبل، ت. ويزل** من جامعة جون هوبكنز، فلقد استطاعا تسجيل الاثر الضوئى الذى ينتقل من عيوننا الى امخاخنا، وذلك عن طريق زرع قطب كهربى على هيئة سلك رقيق للغاية من ذلك النوع الذى يستطيع ان يخترق خلية عصبية دقيقة، ويسجل احداثها الداخلية، ثم اوصلا السلك المزروع ـ فى مركز ابصار قط ـ الى جهاز اليكترونى حساس، متصل بدوره بجهاز آخر لتسجيل شدة النبضات، ثم بجهاز ثالث على هيئة مكبر للصوت .. وعندما اطلقا امام عينى القط شعاعا من ضوء، سجل الجهاز اهتزازات خاصة، واطلق مكبر الصوت همسات ضعيفة .. وهذا يعنى ان الطاقة الضوئية قد احدثت تفاعلا كيميائيا، تحول بدوره الى طاقة كيميائية، وهذه انتقلت عبر « الاسلاك » العصبية على هيئة نبضات اليكترونية تاثرت بها الاجهزة وسجلتها، وسمعتها الاذن البشرية وامنت عليها .

والذين يصورون العين على انها جهاز حى يشبه آلة التصوير الفوتوغرافي لم يبتعدوا كثيرا عن الحقيقة، لكن شتان بين التصميمات البديعة التي جاءت بها عيوننا وبين تصميم آلات البشر، صحيح ان الفكرة واحدة، اى تحويل الطاقة الضوئية على الفيلم الحساس الى طاقة كيميائية تحدث تغيرا فى نوعية جزيئات الفيلم، وصحيح ان الشيء نفسه يحدث على « فيلم » العين او شبكيتها .. الا انها ليست جزيئات كيميائية موزعة على ورق حساس لتطبع صورة، وينتهى الامر، بل من وراء ذلك جيش متكامل ومتفاهم من تركيبات دقيقة تعرف كيف تستقبل فوتونات الضوء بترددانها المختلفة، وتستجيب لها، وتتاثر بها، وتحولها الى نبضات كهربية ذات درجات متفاوتة، ثم تصبها فى كابلات عصبية، وبها تهتز، وتنتقل « الشفرة » السرية الى

« الهيئة الخلوية » المكلفة بحل ملايين البلايين من الرموز الواصلة في الثانية الواحدة ، وترجمها الى صور والوان وابعاد وحركة ومناظر نفرح بها ، اونكتئب منها ، ونفزع لها .. الخ .. لكن كيف الترجمة ؟ .. وما هي اسرارها ؟ .. ذلك لغز كبير لم يتوصل احد الى ابعاده العميقة ، وكل ما قيل فيه لا يخرج عن نظريات واجتهادات !

وشبكية العين دقيقة البناء، رقيقة السمك اذ لا يزيد سمكها عن نصف مليمتر ، وفيها شيدت طبقات من فوق طبقات ، اهمها تكوينات دقيقة تعرف باسم مستقبلات الضوء Photoreceptors (شكل ١١٠ ، ب) . في كل عين من عيوننا منها مايقرب من ١٣٠ مليون مستقبل ، وهذه تنقسم الى نوعين : المخروطي وله منها حوالي خمسة ملايين ، والاسطواني وله منها حوالي ١٢٥ مليونا ، ومن هذه المستقبلات يمتد « كابل » عصبي دقيق يحتوى على حوالي مليون ليفة عصبية بصرية ، وبها يتجه الى مركز الابصار في المخ (هناك في الواقع مركزان) .. ولقد تخصصت المستقبلات الضوئية المخروطية اساسا لالتقاط الصور نهارا وبالوانها المختلفة ، في حين ان الاسطوانية تستقبل فوتونات الضوء الخافت ليلا (مثل ضوء القمر والنجوم) ، لكنها لا تستطيع ان تميز الالوان كرفيقاتها ، هذا ومما يستحق الذكر هنا ان عيون الحيوانات الليلية مثل الضفادع والبوم والخفافيش .. الخ . مزودة اساسا بالمستقبلات الاسطوانية لتلائم حياة الظلام .

وكما كان للنبات جزيئاته الخضراء (الكلوروفيل) والملونة (كاروتينات Carotenes) كذلك جاءت العين بجزيئات اخرى تعرف باسم الاصباغ البصرية ، منها مثلا صبغة « رودوبسين » Rhodopsin التى تتكون من بروتين « اوبسين » Opsin المرتبط باحدى مشتقات فيتامين ا والمعروف باسم ريتينين Retenine ، وهذا بدوره من عائلة الكاروتينات التي تضفى على النبات لونا اسفر فاتحا او اصفر برتقاليا او احمر او قرمزيا، وتتواجد ايضا مع جزيئات الكلوروفيل ، وتؤدى معه دورا مساعدا في عملية التمثيل الضوئى ، لكن لون الكلوروفيل يحجب لونها ويتغلب عليه ، ولهذا لا تستطيع اكتشافها بالعين ، والمعروف ان نبات الجزر الاصفر يحتوى على نسبة كبيرة من هذه الاصباغ ، ولكنها تنتشر ايضا في بعض الاسماك والزبد (اللون الاصفر فيه) والبيض .. الخ ، ومن المعروف كذلك ان العشى الليلى (او عدم القدرة على الرؤية بوضوح في الليل) يرجع الى نقص فيتامين ا ، لان هذا الفيتامين يتحول بعملية اختزالية الى الريتينين الذى يدخل في تكوين الاصباغ المستقبلة للضوء ـ كما سبق ان ذكرنا .

وعندما تصطدم الكوانتا او فوتونات الضوء العادى بصبغة الرودوبسين ، فانها تنشق الى شقين : اوبسين وريتينين ، وسرعان ما يعودان الى الالتحام ، لينشقا ويلتحما ، وتنطلق العملية بسرعة رهيبة بمساعدة انزيمات ومستقبلات للاليكترونات ومانحات لها .. الخ ، الا ان هناك رايا آخر يقول بأن جزىء الريتينين يتماسك برباط اليكترونى مع شقه الآخر ، بحيث تنتظم صفوفه بطريقة خاصة يمكن تشبيهها بغطاء موضوع على عدسة ، ولكى ينفذ الضوء من العدسة ، فلا بد من شىء يزيح الغطاء جانبا ، ولكى يحدث ذلك ، فلا بد من طاقة تبذل ، ولكن الامر يتم مع جزيئات الريتينين في حدود اجزاء من مليون جزء من الثانية ، فعندما تسقط

محمود أمين *

البترول والطاقة

مقدمة

يعتبر البترول الآن أهم مورد للطاقة فى العالم ، وذلك بالاضافة الى استخداماته الاخرى المتعددة التى ترجع الى تعدد ومرونة منتجاته ،ولذلك تعددت مناطق انتاجه فى العالم ، واقبل عليه المستهلكون ، واصبح العالم يتابع باهتمام وبحسابات دقيقة موارد البترول الحالية ، والمتوقع منها فى الارض والبحر ــ كما يتابع ايضا الموارد البديلة للبترول الطبيعى التى يمكن الاعتماد عليها لانتاج بترول صناعى . واخيرا ظهرت مشكلة الطاقة فاصبح البترول محور هذه المشكلة وعليه يتوقف علاجها على الاقل فى المدى القريب ، الى ان يتمكن الانسان من ايجاد موارد اخرى بديلة للطاقة .

* خريج جامعة القاهرة عام ١٩٤٢ـ والكلية الامبراطورية للعلم والصناعة عام ١٩٥١ . انضم الى هيئة التدريس بجامعة القاهرة (كلية العلوم) وهو الآن رئيس مجلس ادارة مؤسسة البترول وشركات البترول .

وتتناول هذه الدراسة :

اولا ـ البترول وتعدد استخداماته .

ثانيا ـ تطور انتاج البترول وموارده الحالية والمتوقعة والموارد البديلة له ، ومناطق انتاجه واستهلاكه .

ثالثا ـ البترول ومشكلة الطاقة .

د . محمود امين

اولا ـ البترول واستخداماته المتعددة

قبل ان يصبح البترول موردا من الموارد الاساسية للطاقة ، ظهر الاهتمام به اولا كمورد لزيت الاضاءة ، ثم أصبح بعد ذلك موردا للطاقة اللازمة لادارة الالات ، وفي ذات الوقت موردا اساسيا لكثير من المنتجات الكيميائية اللازمة للصناعة . واخيرا اصبح ايضا مصدرا للمواد الغذائية ، ولكن البترول لا يزال المصدر الاساسي للطاقة حتى الان .

١ ـ البترول كمصدر لزيت الاضاءة (الكيروسين) وقد ظهر الاهتمام بالبترول في منتصف القرن التاسع عشر كمورد لزيت الاضاءة ، فقد كان الاعتماد وقتئذ على الزيت المستخرج من الفحم او على الشموع المصنوعة من شحم الحيوان ولكنها كانت غالية الثمن لقلتها ولصعوبة الحصول عليها ولما تحدثه من دخان اثناء استعمالها ، لذلك اهتم الباحثون ومنهم « **الكولونيل فيريس** » الذي حاول استخدام البترول لاستخراج زيت الاضاءة منه ، واستخدم في ذلك البترول الذي يخرج مختلطا بالمياه من آبار المياه المالحية والذي كان يحرق للتخلص منه باعتباره من الشوائب . ولقد استطاع « فيريس » أن ينتج نوعا جيدا من زيت الاضاءة فاثار ذلك الاهتمام بالبحث من البترول ، وكان فيريس يدفع لشراء البرميل منه حوالي ٢٠ دولارا فشجع ذلك الكولونيل « دريك » على حفر بئر لانتاج البترول خصيصا ، واعتبر ذلك مولد صناعة البترول . وعندئذ تحولت الكثير من المعامل التي كانت تستخرج زيت الاضاءة من الفحم الى استخدام البترول كمصدر لزيت الاضاءة وهو الكيروسين . وانتشر استخدامه في الولايات المتحدة وفي أوربا ، وكانت منافسة البترول الروسي كبيرة لانه يمتاز بانخفاض نسبة الكبريت والبرافين ، مما يعطي انواعا جيدة من الكيروسين ، وامتدت هذه المنافسة الى الشركتين شركة ستاندرد الامريكية ومنافسيها من الهولنديين والبريطانيين اللذين انضما فيما بعد في شركة شل الهولندية الملكية .

٢ ـ البترول كوقود للالات ثم كان ظهور السيارة في عام ١٩٠٨ التي احتاجت الى البنزين لادارتها فاثار ذلك الاهتمام باستخدام البنزين المنتج من البترول ، والذي كان يعتبر وقتئذ انتاجا فائضا عن الحاجة . وكانت عمليات التكرير لا تستخلص من البترول الخام سوى ١٥ ـ ١٨ ٪ من البنزين ، لذلك تطورت عمليات تكرير البترول باستخدام طريقة التكسير الحراري التي ضاعفت كمية البنزين المستخرجة من الخام . وفي عام ١٩١٠ أصبح استهلاك البنزين يزيد على استهلاك الكيروسين .

ثم قامت الحرب العالمية الاولى ، وظهرت اهمية الطائرات ثم ازدادت هذه الاهمية بعد أن عبرت الطائرات الاطلنطي عام ١٩٢٧ فزاد الاقبال على البنزين لتموين الطائرات .

وعندما بدأ تشغيل قاطرات السكك الحديدية بماكينات الديزل فى عام ١٩٣٤ أثار ذلك الاهتمام بانتاج المشتقات الوسطى من البترول كالديزل والسولار الذى استخدم ايضا لتدفئة المنازل .

وبعد الحرب العالمية الثانية زاد الاهتمام باستخدام الغازات الطبيعية والسوائل المستخرجة منها التى كان استخدامها حتى ذلك الوقت قاصرا على المدن المجاورة لآبار الغاز الى ان امكن صنع الأنابيب الصالحة لنقل الغاز عبر المسافات الطويلة باسعار مقبولة وقد امكن انتاج هذه الأنابيب فى الثلاثينات ، ولكنها لم تستخدم بكثرة الا بعد انتهاء الحرب للأغراض المنزلية وللصناعة ، وامتدت انابيب الغاز عبر الولايات المتحدة .

ومع الزيادة فى استخدام الغازات الطبيعية زاد ايضا استخدام السوائل البترولية التى تستخلص من الغازات واهمها الجازولين الطبيعى ، الذى استخدم ايضا فى السيارات ثم تبين بعد ذلك ان الجازولين الطبيعى يحتوى على كمية من غاز البروبين والبوتين فأمكن فصلهما لتعبئة انابيب البوتاجاز فى المناطق التى لا تصل اليها انابيب الغاز الطبيعى .

٣ ــ البترول كمادة كيمائية وعندما بدأت عمليات تكرير البترول استخدمت بعض منتجاته لانتاج بعض المواد الكيمائية ، ولكن مع تطور عمليات تكرير البترول وتقدمها اصبح خام البترول والغازات مصدرا هائلا من مصادر المواد الكيميائية التى تعتمد عليها الصناعة اعتمادا كبيرا . **وقد حدث هذا التطور الضخم منذ عام ١٩٢٠ ولكن برغم ذلك فان ما يستخدم من البترول لانتاج الكيماويات لا يتجاوز ٢ ــ ٣٪** من انتاج البترول ويستخدم البترول الآن **لانتاج كثير من المواد الكيمائية مثل المطاط** الصناعي ــ الخيوط والالياف الصناعية ــ **البلاستيك والاسمدة والمبيدات الحشرية والمنظفات الصناعية ــ الجلود الصناعية ــ والمذيبات وغيرها .**

٤ ــ البترول كمصدر للمواد البروتينية وفى عام ١٩٥٩ بدأت البحوث لاستخدام البترول لتربية الكائنات الحية التى تنتج البروتين ، ويستخدم البترول فى ذلك بدلا من المواد السكرية التى تستخدم عادة لهذا الغرض . فأمكن بذلك انتاج المواد البروتينية ولكنها لا تزال فى مرحلة تجريبية . ويجرى الآن تجربة استخدام هذه المواد البروتينية فى تغذية الحيوانات للتحقق من صلاحيتها .

• • •

مرونة منتجات البترول

ويوضح الرسم البيانى رقم (١) تطور انتاج البترول منذ ١٨٦٠ حتى الآن ، ومنه تتضح السرعة الفائقة فى زيادة انتاج البترول فى السنوات التى اعقبت انتهاء الحرب العالمية الثانية . اى منذ منتصف الاربعينات ، بعد أن أصبح البترول موردا اساسيا للطاقة اللازمة للسيارات (التى بدا استخدامها عام ١٩٠٨) والطائرات (التى بدا استخدامها عام ١٩٢٧) والقطارات (التى بدا استخدامها عام ١٩٣٤) .

وكان ذلك بسبب ما يتمتع به البترول ومنتجاته من ميزات مناسبة لاستخدامه منها : ـ

● ان أى وقود يحتاج الى الهواء ليحترق فتنطلق منه الطاقة الكامنة ومن ثم كانت سهولة استخدام البترول كوقود فى الآلات لما يتفوق به من مواد الوقود الأخرى كالفحم ، نظرا لأن غازات وسوائل البترول تتبخر بسهولة وبذلك يسهل تحويلها الى ذرات مما يجعل البترول مناسبا لآلات الاحتراق الداخلى التى يتعذر استخدام الوقود الصلب بها كالفحم .

● ان البترول يحتوى على نسبة ضئيلة جدا من الرماد ، وهو ما يناسب استخدامه فى السيارات والطائرات والقطارات .

● سهولة نقل وتخزين البترول ، نقله بالناقلات او خطوط الانابيب وتخزينه فى المستودعات مما يجعل عمليات النقل والتخزين ذات تكلفة مناسبة ولمسافات طويلة سواء بنقله فى المناطق الأرضية او البحرية .

● ان البترول يأخذ صورا متعددة منها الغازات التى تناسب الاستخدامات المنزلية ، كما يصلح ايضا فى ذات الوقت لعمليات التسخين فى محطات الكهرباء والمصانع . ومنها السوائل . وهذه بالتالى تنقسم الى انواع مختلفة حسب درجة تطايرها ، فقد يكون السائل سريع التطاير كالبنزين والكيروسين او متوسط التطاير كالديزل او بطىء التطاير كزيت الوقود . ولكل منها استخدامات مناسبة تلائم نوعا معينا من الآلات .

فالبنزين ويستخدم فى آلات الاحتراق الداخلى كالسيارات والطائرات التى تحتاج لسائل سريع التطاير .

والكيروسين وهو اقل تطايرا من البنزين ويستخدم فى الطهى والتدفئة ، كما اصبح يستخدم ايضا فى الجرارات واخيرا فى وقود النفاثات .

والديزل وهو اقل تطايرا ويستخدم فى ادارة آلات الديزل بانواعها المختلفة سواء الآلات الصغيرة منها المستخدمة فى السيارات او فى الآلات الكبيرة المستخدمة فى الناقلات البحرية .

وزيت الوقود وهو اقل السوائل تطايرا وبالتالى فهو اقرب الى الوقود الصلب كالفحم ، ومن ثم كان استخدامه ليحل محل الفحم فى توليد البخار اللازم للبواخر والمصانع ، او انه يتميز او يتفوق على الفحم بامكانية تحويله الى ذرات دقيقة قبل حرقه ، وذلك بتسخينه .

● ● ●

مناقسة البترول للفحم

منذ ظهر البترول وثبت امكانية انتاجه تجاريا فى ١٨٦٠ بدا ينافس الفحم واخذ يحل محله تدريجيا كما يتضح من الرسم البيانى الذى يوضح النسبة المئوية لموارد الطاقة فى العالم منذ ١٨٦٠ الى ١٩٧٠ ، ومن ذلك يتبين سرعة احلال زيت البترول والغاز محل الفحم منذ

الاربعينات اى فى اعقاب الحرب العالمية الثانية . وقد ساعد على هذا التطور عدة امور يمكن ان نوجزها فيما يلى :

١ – مرونة وتعدد استخدامات منتجات البترول السابق الاشارة اليها .

٢ – التناقص الطبيعى فى انتاج الفحم وخاصة فى اوروبا بسبب استنفاذ الطبقات السميكة منه والقريبة من سطح الأرض التى كان من السهل استخراج الفحم منها ، ولم يبق بعد ذلك سوى الطبقات الرقيقة السمك التى توجد على اعماق كبيرة وبالتالى يصعب استغلالها .

٣ – صعوبة العمل فى مناجم الفحم التى لاتزال تعتمد الى حد كبير على الجهد البشرى فى تعقب طبقات الفحم مما يثير كثيرا من المتاعب مع عمال مناجم الفحم برغم ارتفاع اجورهم .

٤ – ما يسببه احراق الفحم من تلوث الجو وخاصة لاحتواء الفحم عادة على نسبة كبيرة من الكبريت . وهذا العامل بالذات كان من اهم العوامل التى دفعت الصناعة الامريكية الى الاعتماد على البترول بدلا من الفحم فى محطات الكهرباء برغم وجود الفحم بكميات كبيرة بالقرب من سطح الأرض .

٥ – ومما ساعد ايضا على الانتقال من الفحم الى البترول – تحطيم الصناعة الاوربية فى الحرب العالمية الثانية وهى صناعة كانت تعتمد على الفحم ولذلك كان من الطبيعى ان تتحول هذه الصناعة الى البترول عند اعادة بنائها وان لا تعود ثانية الى الفحم .

ثانيا – تطور انتاج البترول

يبلغ انتاج البترول الآن حوالى ٥٦ مليون برميل يوميا ، وقد تصاعد هذا الانتاج بسرعة فائقة منذ نهاية الحرب العالمية الثانية بعد ان كان تصاعده قبل ذلك بطيئا . فعندما بدأ الانتاج عام ١٨٦٠ لم يكن يتجاوز انتاج العالم فى ذلك الوقت الف برميل يوميا . ثم ارتفع الى حوالى ٨٠ الف فى عام ١٨٨٠ والى ٤٠٠ الف برميل يوميا عام ١٩٠٠ ، ثم بدأت تزداد سرعة زيادة الانتاج مع بدء استعمال السيارات والطائرات والقطارات فارتفع هذا الانتاج الى : –

٩٠٠ الف برميل يوميا سنة ١٩١٠

و ١ر٨ مليون برميل يوميا عام ١٩٢٠

و ٣ر٨ مليون برميل يوميا عام ١٩٣٠

و ٥ر٨ مليون برميل يوميا عام ١٩٤٠

ثم قفز هذا التصاعد بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية الى : –

١٠ر٤ مليون برميل يوميا عام ١٩٥٠

٢٠ر٩ مليون برميل يوميا عام ١٩٦٠

٤٦ر– مليون برميل يوميا عام ١٩٧٠

ومنذ عام ١٨٦٠ حدثت تطورات كبيرة فى توزيع مناطق انتاج البترول (كما يتضح من الرسم رقم ٣) كان من ابرزها ما يأتى : ـ

أ ـ نصف الكرة الغربى كانت الولايات المتحدة الامريكية هى المنتج الاساسى للبترول فى نصف الكرة الغربى منذ بدء الصناعة فى عام ١٨٥٩ ، واحتفظت بهذا المستوى الى أن انتزعته منها روسيا التى استطاعت أن تنتج حوالى ٥٠٫٢٪ فى عام ١٩٠٠ ولكن ما لبثت الولايات المتحدة ان انتزعت ذلك ثانية من روسيا باكتشاف الحقول الغزيرة الانتاج بها فى أوائل القرن العشرين الذى اعاد الى نصف الكرة الغربى تفوقه فى انتاج البترول ، ثم ساعد على ذلك اكتشاف البترول بغزارة فى المكسيك التى انتجت فى عام ١٩٢٠ حوالى ٢٢٫٨٪ من انتاج العالم ، ثم لحقتها فنزويلا التى تصاعد انتاجها واستطاعت ان تنتج فى عام ١٩٥٠ حوالى ١٤٫٤٪ من انتاج العالم .

وبذلك استطاع نصف الكرة الغربى ان يتصدر مناطق الانتاج خلال المائة سنة الاولى حتى ١٩٦٠ ، ولكنه ما لبث ان فقد هذا المستوى خلال السنوات الماضية نتيجة لتصاعد انتاج الشرق الاوسط وافريقيا ودول الكتلة الشرقية ، ولذلك انخفض نسبة ما ينتجه نصف الكرة الغربى الى حوالى ٣٧٫٣٪ من الانتاج العالمى عام ١٩٧٠ .

ب ـ الشرق الاوسط بدا الشرق الاوسط دوره فى انتاج البترول فى أوائل القرن العشرين ولكنه لم يصبح لانتاجه اهمية واضحة الا بعد الحرب العالمية الثانية فانتج حوالى ١٦٫٩٪ من انتاج العالم فى عام ١٩٥٠ وحوالى ٢٥٪ فى عام ١٩٦٠ وحوالى ٣٠٫٥٪ فى عام ١٩٧٠ .

جـ ـ الكتلة الشرقية وتدرج الانتاج فى دول الكتلة الشرقية منذ السنوات الاولى لبدء صناعة البترول فى العالم الى ان تصدرت روسيا الدول المنتجة للبترول فى عام ١٩٠٠ ولكن ما لبثت ان فقدت هذه الصدارة باكتشاف الحقول الجديدة فى امريكا ، ثم تعرضت حقول البترول فى روسيا الى تدمير اثناء الحرب العالمية الاولى ، ثم بدا انتاج الكتلة الشرقية يرتفع تدريجيا خلال العشرين سنة الماضية الى ان بلغ حوالى ١٦٫٨ من الانتاج العالمى فى عام ١٩٧٠ .

د ـ افريقيا ظلت افريقيا مجهولة بتروليا طوال المائة سنة الماضية وكان معظم انتاجها من مصر الى أن تفجرت حقول البترول فى نيجيريا وليبيا والجزائر منذ حوالى خمسة عشر عاما فاصبح انتاج افريقيا يمثل حوالى ١١٫٧ من الانتاج العالمى فى عام ١٩٧٠ .

هـ ـ الشرق الاقصى برغم ان البترول قد ظهر فى هذه المنطقة منذ السنوات الاولى لصناعة البترول وكان يتراوح بين ٤ ـ ٥٪ من انتاج العالم فى أوائل القرن العشرين ، الا ان انتاج هذه المنطقة لم يتطور ، بل انخفض نسبيا واصبح لا يكون سوى ٢٫٢٪ من انتاج العالم فى عام ١٩٧٠ .

و ـ اوروبا الغربية ان اوروبا الغربية كانت ولا تزال على مر السنين اقل مناطق العالم انتاجا للبترول فلم يتجاوز انتاجها حوالى ٠٫٥٪ خلال السنوات الطويلة الماضية ، ثم ارتفع اخيرا الى ١٫٥٪ فى عام ١٩٧٠ رغم ما يبذل فيها من جهود كبيرة للكشف عن البترول .

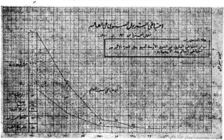
• • •

موارد البترول الحالية والمتوقعة

من المقدر ان اجمالى كميات البترول التي يمكن استخراجها من طبقات الأرض تبلغ حوالى ٢٠٠٠ بليون برميل يوميا : –

- انتج واستهلك منها العالم حتى الآن ٢٧٥ بليون برميل منذ عام ١٨٦٠ .
- ويوجد منها حوالى ٦٠٠ بليون برميل كمخزون فى الحقول التى تم اكتشافها وهى الكمية الثابت وجودها والتى يمكن استخراجها اقتصاديا .
- ومن المقدر انه من الممكن اكتشاف ما بين ٧٦٠ الى ١٠٧٠ بليون برميل اخرى فى المناطق التى لم تستكشف بعد وخاصة فى المناطق المغمورة بالمياه .

رصيد البترول فى العالم حاليا يوجد فى العالم الآن حوالى ٦٠٠ بليون برميل وهى كمية البترول التى يمكن استخراجها من حقول البترول المكتشفة بالطرق المتعارف عليها . ومعظم هذه الكمية موجود فى دول البترول بالشرق الأوسط . ويوضح الرسم البيانى المرفق (رسم ٤) كيف تطور رصيد البترول فى العالم خلال الاربعين سنة الماضية . فلم يكن هذا الرصيد يتجاوز ٨٠ بليون برميل فى عام ١٩٥٠ ثم بلغ ٣٠٠ بليون برميل فى عام ١٩٦٠ ثم بلغ حوالى ٦٠٠ بليون برميل عام ١٩٧٠ . ومنذ الخمسينات بدأ الشرق الأوسط يكون جزءا كبيرا من رصيد البترول فى العالم . فقد بلغ حوالى ٤٠ بليون برميل من اجمالى ٨٠ بليون فى العالم . ثم اصبح ١٨٣ بليون برميل من



رسم رقم ٤

اجمالى ٣٠٠ برميل عام ١٩٦٠ ثم بلغ ٣٣٥ بليون برميل من اجمالى حوالى ٦٠٠ بليون برميل فى العالم عام ١٩٧٠ .

البترول المتوقع اكتشافه قد يبدو لاول وهلة ان رصيد البترول المؤكد وجوده وهو ٦٠٠ بليون برميل رقم كبير نسبيا بالنسبة للكمية التى استنفدها العالم خلال ١١٠ سنة الماضية وهى ٢٧٥ بليون برميل . ولكن الواقع ان العالم بمعدل الاستهلاك الحالى الذى يتضاعف كل عشر سنوات يستطيع ان يستهلك هذه الكمية خلال عشرين سنة ما لم يحاول العالم الاقتصاد فى استهلاك البترول ، وما لم تتجه صناعة البترول الى اكتشاف المزيد منه فى المناطق القطبية والمناطق المغمورة بمياه البحار والمحيطات .

ولا شك ان البترول الذى تم اكتشافه حتى الآن هو الاسهل او الاقرب منالا والموجود فى مناطق يمكن الوصول اليها بسهولة ـ ولكن هناك مناطق لم يرتادها الباحثون بعد لصعوبة وارتفاع تكلفة العمل بها كالمناطق القطبية وبحر الشمال . واهم من ذلك شواطىء المحيطات والمناطق العميقة المغمورة بالمياه . فمن المقدر مثلا ان رصيد البترول الموجود فى المناطق المغمورة بمياه البحار والمحيطات يساوى رصيد البترول فى المناطق التى لا تغطيها مياه البحار . ولكن رصيد البترول فى المناطق المغمورة لا يتجاوز الآن ١١٥ بليون برميل اى حوالى ١٩٪ من رصيد البترول فى العالم . وذلك بسبب صعوبة وارتفاع تكلفة الكشف عن البترول فى المناطق المغمورة ، ولكن عمليات البحث تتجه الآن نحو هذه المناطق بعد تطور اساليب التنقيب والحفر فى المياه العميقة ، وبعد ان اصبحت اقتصادياتها مناسبة على اثر ارتفاع اسعار البترول . كل ذلك سوف يؤدى لاكتشاف المزيد من البترول فى هذه المناطق ، وهذا ما يتوقعه الباحثون من البترول ويتطلعون الى هذه المناطق كمصدر اساسى للبترول الذى لم يكتشف بعد . وتوضح الخريطة المرفقة (رقم ٥) توزيع هذه المناطق فى العالم . وهى تحيط بشواطىء القارات الخمس وتشمل البحار القليلة العمق نسبيا ، كالبحر الابيض المتوسط وبحر الشمال وبحر اليابان والبحر الاحمر والبحر الاسود .



رسم رقم ٥

ومن دراسة قامت بها هيئة الأمم المتحدةعن امكانيات قاع البحر من موارد معدنية يتبين ان شواطىء القارات التى تعرف باسم الحدالقارى ـ Continental Margin يتكون من ثلاثة اجزاء هى : ـ

٢ ـ **المتحدر القاري** (Continental Shelf) وهى المنطقة الممتدة بين حد الأمواج الى بدء المتحدر القارى ، ويتراوح عرضها من عشرة الىبضعة مئات من الأميال وعمقها من ٢٠ الى ٦٥٠ مترا بمتوسط قدره ١٣٠ مترا . وتشمل ايضابحار ـ بحر الشمال والادرياتيك وبحر شرق الصين وغيرها .

٢ ـ **المتحدر القاري** (Continental Slope) وهى المنطقة القليلة الإنحدار والتى تفصل بين المتحدر القارى وقاع المحيطات ، وتكون معظم الشاطىء الشرقى لامريكا الشمالية والجنوبية وبحر العرب وخليج البنغال وشرق افريقيا وجزءاكبيرا من غرب افريقيا .

وتدل الدراسة على ان الطبقات المغمورةبالمياه والتى هى تحت الرف القارى والجزء الاعلى من المتحدر القارى والتىتمتد حتى ٦٠٠ او ١٠٠٠متر عمقا ، ذات احتمالات بترولية كبيرة كما انها فى متناول اجهزة الحفر ايضا .

٣ ـ ويدخل فى اطار المناطق البحرية ذاتالاحتمالات البترولية ايضا المناطق التى يغطيها البحر الابيض المتوسط والبحر الاحمر والبحرالاسود وبحر اليابان .

بترول بحر الشمال ويعتبر بحر الشمال من امثلة المناطق المغمورة بالمياه التى لقيت اهتماما فاعطت نتائج بترولية ايجابية . فبحر الشمال هوجزء من الرف القارى لأوروبا الذى يمتد فى هذه المنطقة ويغطي مساحة كبيرة ، ونتيجة لعمليات الكشف والحفر امكن اكتشاف عدةحقول للغاز وازيت البترول .

فمن الغاز امكن اثبات وجود حوالى ٢٣ الفبليون قدم مكعب بالاضافة الى حوالى ١٤ أخرى متوقعة .

ومن زيت البترول امكن اكتشاف عدد كبيرمن الحقول بدأ الانتاج من بعضها ويجرى اعداد بعضها للانتاج ويقدر اجمالى رصيد البترول الذىيمكن استخراجه منها ما بين ١٤ ـ ٢٠ بليون برميل فى المياه الانجليزية والنرويجية .

ولكن اكتشاف هذه الكميات من الغاز وزيتالبترول قد استلزم انفاق اموالطائلة تبلغاضعاف ما ينفق فى المناطق الارضية .

●●●

الموارد البديلة للبترول

وقبل ان ينجح الانسان فى استخراج البترول الطبيعى من باطن الارض بحفر الآبار كانت هناك جهود عديدة تبذل للاستفادة من الفحموالطفلة البترولية Oil Shale لاستخراج زيت الاضاءة ، ولكن هذه الجهود اخذت تتراخىتدريجيا مع تدفق البترول الطبيعى بغزارة من الحقول فلميعد هناك مبرر لتحمل العناءوالتكاليفالباهظة لاستخراج الوقود من الفحم او الطفلة

البترولية . ولكن يبدو ان التاريخ يعيد نفسه الان فيعود الانسان ليهتم ثانية بهذه الموارد لانتاج البترول الصناعي كبديل للبترول الطبيعي بعد ان بدات دلائل عدم كفاية احتياطي البترول وارتفاع اسعاره .

ويستخرج البترول الصناعي من : ــ

١ ــ الفحم .

٢ ــ الرمال البترولية ــ Tar Sands

٣ ــ الطفلة البترولية ــ Oil Shale

والفحم يوجد بكميات هائلة في العالم تبلغ حوالي ٩٠٠٠ بليون طن ، بعضها مؤكد وبعضها متوقع . ومعظم هذه الكميات يوجد في الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة والصين حيث يوجد حوالي ٨٠٠٠ بليون طن والباقي وهو ١٠٠٠ بليون طن في بقية ارجاء العالم . وهناك طرق متعددة لتحويل الفحم الى زيت البترول ولكنها لا تزال في مرحلة التجارب المتوسطة الحجم ومنها ايضا تحويل الفحم الى غاز .

اما الرمال البترولية Tar Sands وهي عبارة عن طبقات رملية مشبعة بمادة بترولية واشهرها ما يوجد في اثا باسكا بكندا ــ وتوجد غالبية هذه الرمال في نصف الكرة الغربي وبصفة خاصة في كندا وفنزويلا . وتقدر كميات البترول التي تحتويها هذه الرمال بحوالي ١٤٦٧ بليون برميل ولكن بعض هذه الرمال يمكن استخراجه بسهولة لوجوده بالقرب من سطح الارض والبعض يصعب استخراجه لوجوده على عمق ٢٠٠٠ الى ٣٠٠٠ قدم تحت السطح .

الموقع	**مايحتويه من بترول (بليون برميل)**	**عمقه في باطن الارض**
كندا	٧٦٠	حتى ٢٠٠٠ قدم
فنزويلا	٧٠٠	حتى ٣٠٠٠ قدم
الولايات المتحدة	٢	حتى ٢٠٠٠ قدم
مالاجاس	٢	حتى ١٠٠٠ قدم
مناطق اخرى	٢	

وتقوم شركة صن اويل بتشغيل معمل لانتاج البترول من هذه الرمال بمعدل ٤٥ الف برميل يوميا . وانتاج هذه الكمية يحتاج الى معالجة حوالي ١٠٠ الف طن من الرمال يوميا يجرى استخراجها من تحت سطح الارض الى عمق ١٠٠ قدم باساليب التنجيم العادية ، ثم تنقل هذه الرمال الى اجهزة خاصة لمعالجتها بالمياه الساخنة والبخار والكيماويات فتنتج مادة بترولية تشبه البترول العادي . وقد بلغت تكلفة هذه الوحدة حوالي ٢٤٠ مليون دولار ، وهذا ما يوازي اضعاف ما يتكلفه حقل بترول ينتج هذه الكمية من البترول .

واخيرا فان الطفلة البترولية Oil Shale عبارة عن صخور طينية تحتوى على مادة بترولية وتوجد بصفة خاصة فى الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي والصين والبرازيل . ويقدر ما تحتويه هذه الصخور من البترول بحوالي ٦٨٥٠ بليون برميل . ولكن لا يمكن استخراج الا قدر قليل من هذه الكمية لما يحتاجه ذلك من معالجة الصخور بتسخينها الى درجة ٧٠٠ درجة فرنهيت حتى تتحلل المادة البترولية (كيروجين) منتجة نوعا من الزيت الخفيف . ويتراوح ما ينتجه الطن الواحد من الصخور ما بين ١٠ ـ ١٠٠ جالون من الزيت . ويوجد الجزء الاكبر من هذه الصخور فى الولايات المتحدة الامريكية وبالذات فى ولايات كولورادو ويوتاه ويومنج . ويقدر انه يمكن استخراج حوالى ٨٧٠ بليون برميل منها ، اى ضعف كمية البترول المخزونة فى حقول الشرق الاوسط وافريقيا . ولكن عملية استخراج هذا البترول معقدة ومرتفعة التكلفة وهناك محاولات لاستخدام التفجيرات الذرية للمعاونة فى استخراج البترول المختزن فى هذه الصخور . والمشروع الوحيد الجارى الاعداد له لانتاج البترول من هذه الصخور سيقام فى البرازيل لانتاج ٥٨ الف برميل يوميا .

وتعتبر الرمال المشبعة بالبترول Tar Sands اسهل الموارد استغلالا لانتاج البترول الصناعي تليها الطفلة البترولية ثم الفحم . ولذلك فمن المقدر ان يبلغ انتاج البترول الصناعي الذى سيستخرج فى عام ١٩٨٥ على الوجه التالي : ـ

حوالي ١٫٢ مليون برميل يوميا من الرمال المشبعة بالبترول .

من ١٠٠ ـ ٤٠٠ الف برميل يوميا من الطفلة البترولية .

حوالي ٨٠ الف برميل يوميا من الفحم .

ولكنه لا شك ان ارتفاع اسعار البترول منذ اكتوبر الماضي وما تعرضت له الدول الصناعية المستهلكة للبترول من خفض او منع البترول عنها سوف يدفعها الى بذل جهد مضاعف فى تنمية هذه الموارد .

• • •

مناطق انتاج واستهلاك البترول

بلغ استهلاك العالم فى عام ١٩٧٢ حوالي ٥٦ مليون برميل يوميا من زيت البترول بخلاف الغازات الطبيعية . وخلال الثلاثين سنة الماضية ، تضاعف استهلاك البترول مرة كل عشر سنوات على مستوى العالم . ولكن الدول تتفاوت فى معدل استهلاكها للبترول تبعا لما تستهلكه من موارد الطاقة الاخرى كالفحم والغاز والقوى المائية ، وذلك تبعا لمستوى تطورها الحضاري والصناعي بصفة خاصة . ويمكن تقسيم العالم الى مجموعات من الدول كما يوضح الرسم رقم ٦ ـ وهذه المجموعات هي : ـ

١ ـ **امريكا الشمالية** : وتشمل كندا والولايات المتحدة الامريكية .

وهي من اكثر مناطق انتاج واستهلاك البترول فى العالم . فقد كانت الولايات المتحدة

دولة مصدرة للبترول حتى عام ١٩٤٨ . وبعدذلك أصبحت تكاد تكفي حاجتها ، ثم بدات بعد ذلك تستورد البترول لتستكمل حاجة استهلاكهاالمتزايد منه ؛ وخاصة بعد ان بدا انتاجها المحلي يتناقص ابتداء من ١٩٧٠. ومعنى هذا ان الولايات‌المتحدة تحولت من مجموعة الدول المصدرة للبترول الى مجموعة الدول المستوردة للبترول. ولكن يبدو ان هذه المرحلة هي مجرد مرحلة مؤقتة لان لدى امريكا الشمالية مواردمن‌البترول والفحم والطفلة والرمال البترولية كفيلة بان تعيد اليها مكانتها البترولية السابقة .

٢ ـ **اوربا الغربية** وتشمل مجموعة دول‌غرب اوربا . **وهي ثاني منطقة تستهلك البترول في العالم بعد** منطقة امريكا الشمالية . وبرغم ان‌دول غرب اوربا تنتج البترول من وقت طويل ، الا ان انتاجها كان ولا يزال يقل كثيرا عن حاجةهذه الدول من البترول ،بل ان الفجوة بين معدل ما تنتجه من البترول ومعدل الزيادة السنوية‌في الاستهلاك تتزايد عاما بعد عام . ويبدو انها سوف تستمر على هذا الحال برغم اكتشاف‌غازات وبترول بحر الشمال الذى لا يغطي جزءا صغيرا فقط من استهلاك اوربا الغربية من‌البترول .

٣ ـ **شرقي آسيا** : وتشمل مجموعة دول‌شرقي آسيا واستراليا . **وهي في مجموعها منطقة تستهلك من البترول اكثر مما تنتج** ، لانها تضم‌اليابان واستراليا والهند وبقية دول شرق آسيا التي تستهلك كميات كبيرة من البترول . وتضم‌هذه المنطقة اندونيسيا التي تنتج من البترول اكثر من استهلاكها وبالتالي تصدر معظم انتاجهاالى الدول المجاورة وخاصة اليابان .

٤ ـ **امريكا اللاتينية** وتضم دول امريكا‌الجنوبية **وهي في مجموعها دول تنتج من البترول اكثر مما تستهلك** وبالتالي‌فهي من مناطق تصدير‌البترول . فهي دول مصدرة للبترول وفي‌مقدمتها فنزويلا ومنها ايضا ترينداد وكولومبيا . وبقية‌دول هذه المنطقة تنتج ايضا البترول ولكن ما تنتجه لا يكفي استهلاكها ، لذلك تستورد بعض‌البترول لاستكمال حاجتها ومن ذلك البرازيل والمكسيك والارجنتين .

٥ ـ **الشرق الاوسط** تشمل دول الخليج‌العربي كما تشمل تركيا وسوريا . **وهي اكثر منطقة منتجة ومصدرة للبترول** ، لان ما تستهلكه‌دول هذه المنطقة من البترول لا يمثل الا جزءا ضئيلا جدا من انتاجها .

٦ ـ **افريقيا** تشمل دول القارة الافريقية ،**وهي منطقة تعتبر الآن من مناطق تصدير البترول بعد** ظهور بترول ليبيا والجزائر ونيجيريا .وكانت عام ١٩٦٠ منطقة يزيد فيها استهلاك البترول عن انتاجه .

٧ ـ **الكتلة الشرقية** وتضم الصين والاتحادالسوفييتي ودول شرقي اوربا . **وهي منطقة تنتج البترول بكمية تزيد قليلا عن حاجة‌استهلاكها** المحلي ولذلك تصدر القليل من انتاجها الذى يفيض عن حاجتها .

ملخص انتاج واستهلاك البترول في العالم١٩٧٢ - بمليون برميل يوميا

	انتجت	واستهلكت	فاستوردت	أو صدرت
امريكا الشمالية	١٣٫٣٧٩	١٨٫٥٧٧	٥٫١٩٨	
أوربا الغربية	٤٦٤ر-	١٣٫٢٥٣	١٢٫٧٨٩	
شرق آسيا	١٫٨٨٣	٦٫٩٤٨	٥٫٠٦٥	
امريكا اللاتينية	٤٫٤٧٧	٢٫٨٠٣		١٫٦٧٤
الشرق الأوسط	١٨٫٤١٤	٩٠٦ر-		١٧٫٥٠٨
افريقيا	٥٫٧٢١	١٫٣٤٠		٤٫٣٨١
الكتلة الشرقية	٨٫٨٨٣	٨٫٣٦٨		٥١٥ر-
المجموع	٥٣٫٢٢١	٥٢٫١٩٥	٢٣٫٠٥٢	٢٤٫٠٢٣

ومعنى هذا ان الكمية التي تتحرك في الاسواق تبلغ حوالي ٢٤ مليون برميل يوميا .

•••

ثالثا : البترول ومشكلة الطاقة

يشهد العالم اندفاعا شديدا نحو استهلاك البترول وتتنافس الدول الصناعية الكبرى على استيراد البترول بكميات تزيد عاما بعد عام ، ولم يعد ذلك التهافت على الاستهلاك قاصرا على اليابان واوروبا التي تفتقر الى موارد الطاقة ، بل امتد ايضا الى الولايات المتحدة الامريكية التي برغم ما لديها من موارد عديدة للطاقة ، الا انها اندفعت هي الاخرى نحو استيراد البترول بكميات متزايدة .

فاوروبا الغربية بلغ استهلاكها من البترول عام ١٩٧٠ حوالي ١٢ مليون برميل انتجت منها محليا حوالي ٣ر- مليون فقط والباقي استوردته من الخارج. ويقدر ان مبلغ استهلاكها في عام ١٩٨٥ سيكون ٢٥ مليون برميل يوميا ينتج منها محليا حوالي ٥ر٤ مليون برميل والباقي وهو ٥ر٢٠ مليون برميل عليها ان تستورده من الخارج .

واليابان يرتفع استهلاكها من البترول من ٤مليون برميل يوميا عام ١٩٧٠ الى ٧ر١٠ مليون برميل يوميا عام ١٩٨٥ .ومن المفروض أن تستورد كل هذه الكمية من الخارج .

والولايات المتحدة الامريكية بلغ استهلاكها عام ١٩٧٠ حوالي ١٥ مليون برميل يوميا ، ولكنها انتجت من ذلك حوالي ١١ مليون برميل يوميا ،واستوردت الباقي وقدره ٤ مليون برميل يوميا . ويقدر ان يرتفع استهلاكها عام ١٩٨٥ الى ٣٠مليون برميل يوميا .ولكن بسبب انخفاض انتاجها فانها سوف تستورد حوالي ٢٠ مليون برميل يوميا . . ونظرا للتناقص المتوقع لانتاج البترول في فنزويلا

التى تعطى الولايات المتحدة الامريكية معظم حاجتها من البترول ، لذلك تتجه امريكا الى الشرق الاوسط للحصول على حاجتها .

ونتيجة لذلك يتعرض رصيد البترول المخزون فى العالم والذى يبلغ حوالي ٦٠٠ بليون برميل للاستنفاد السريع لان هذه الكمية لا تحتمل سرعة الاستهلاك الذى يتضاعف كل عشر سنوات، ما لم يتم اكتشاف حقول جديدة تضاف الى رصيد البترول الثابت .

ونتيجة لذلك ايضا يشهد العالم من ناحية اخرى نقصا فى الطاقة الانتاجية الفائضة لحقول البترول . فانتاج حقول البترول يكاد يعادل حاجة الاستهلاك العالمي المتزايد بفرق ضئيل جدا وهو وضع لم يواجهه العالم من قبل . فقد كانت مناطق الانتاج تحتفظ دائما بطاقة انتاجية فائضة تطلقها عند اللزوم فى وقت الازمات .

ففي اكتوبر ١٩٥١ ـ اثناء ازمة تأميم البترول الايراني ، توقف انتاج ايران وهو يمثل ٧٪ من انتاج العالم من الخام، ٢٧٪ من المنتجات البترولية اللازمة للعالم الغربي (١٥٠ الف برميل خام و ٥٠٠ الف برميل منتجات بترولية يوميا) . ولكن بوجود الطاقة الانتاجية الفائضة فى امريكا وفنزويلا ودول الخليج العربي امكن تعويض النقص .

وفى اكتوبر ١٩٥٦ ـ عند اغلاق قناة السويس والانابيب ، فقدت اوربا الغربية ٣٠٪ من البترول الذى يصلها فى نوفمبر ١٩٥٦ . ولكن بوجود فائض طاقة انتاجية فى امريكا (التى رفعت صادراتها لاوربا من ٥٠ الى ٥٠٠ الف برميل يوميا) وفنزويلا (التى رفعت انتاجها من ٦٧٠ الى ٨٤٠ الف برميل يوميا) امكن تعويض النقص .

ولكن فى اكتوبر ١٩٧٣ ـ عندما انقصت الدول العربية انتاجها ٢٥٪ وهو ما يوازي ٥ مليون برميل تعذر تعويض هذا النقص لعدم وجود فائض طاقة انتاجية بهذا المقدار . فايران ونيجيريا واندونيسيا وفنزويلا مثلا لم تستطع ان تزيد انتاجها لتغطية هذا النقص . وكذلك امريكا لم يكن لديها ما يكفي لتعويض هذا النقص وخصوصا بعد منع البترول عنها الذى بلغ حوالي ٢ مليون برميل يوميا .

وعدم وجود هذه الطاقة الانتاجية الفائضة له اسباب عديدة نجملها فيما يلي :

اولا ـ انخفاض اسعار البترول ـ منذ بدء انتاج البترول فى الشرق الاوسط ، تعرضت اسعاره لضغط شديد لخفض اسعاره . اولا بتقييد اسعاره بسعر البترول الامريكي فى خليج المكسيك ثم ثانيا بتحديد اسعاره وفق مصالح المستهلكين فى اوروبا . وبذلك ظل سعر البترول فى الشرق الاوسط يقل او يزيد قليلا على دولارين للبرميل . وظل على هذا المستوى حتى اوائل السبعينات عندما بدات ازمة النقد العالمي، فارتفع قليلا عن هذا المستوى حتى بلغ حوالي ٣ دولارات للبرميل فى اكتوبر ١٩٧٣ . وفى منتصف اكتوبر ١٩٧٣ اتخذت الدول المنتجة للبترول قرارها الهام برفع اسعار البترول ، فارتفعت اسعاره تدريجيا الى أن وصل قيمته الحالية وهي حوالي ١١٫٦

عبد السميع مصطفى *

الطاقة في الحاضر والمستقبل

مقدمة

يواجه العالم حاليا نقصا كبيرا في الوقود التقليدي (الفحم والبترول والغاز الطبيعي) وارتفاعا في أسعاره ـ كما يواجه ارتفاعا نسبيا في أسعار الوقود النووي ـ وبناء على ذلك ازدادت البحوث الجديدة والاهتمامات الكبيرة لاستغلال الطاقات التي لا تفنى مثل الطاقة الشمسية ، وطاقة المد ، وطاقة الرياح ، والطاقة الحرارية داخل الأرض وفي المحيطات ـ كما يبذل المهندسون والعلماء قصارى الجهد لزيادة كفاءة انتاج الطاقة الكهربية من الوقود التقليدي ومن الوقود النووي ـ هذا وقد حدث تقدم كبير في نظم ومعدات انتاج وتحويل الطاقة من المصادر

* دكتور/عبد السميع مصطفى ، رئيس مجلس ادارة مركز بحوث المواصلات السلكية واللاسلكية واستاذ غير متفرغ بكلية الهندسة جامعة الاسكندرية ـ له بحوث ومؤلفات ومدارس بحث في فرع الالكترونات والكهرباء المختلفة . منحته الجمعية الدولية لمهندسي الكهرباء والالكترونات بامريكا درجة الزمالة في يناير سنة ١٩٦٧ .

الحرارية ، سواء كانت تقليدية او نووية ، ومـن المصادر الضوئية ، ومن المواد الكربونية الطبيعية وغير الطبيعية (وغير ذلك) الـى طاقـة كهربيةمباشرة بدون وساطة الالات الميكانيكية المتحركة ، كما هو الحال في المعدات التقليدية لتحويل الطاقةحيث يحرق الوقود التقليدى وتتحول طاقته الى حرارة ، وفى حالة الوقود النـووى تنشطر ذرات المواد الثقيلة او تلتحم ذرات المواد الخفيفة منتجة فى اى مـن الحالتين ذرات أخـرى اخف وزنا فى مجموعها . ويتحول الفرق بـين كتلة الـذرات الاصلية وكتلة الذرات الناتجة الى طاقات اهمها الطاقة الحرارية ، وفى جميع الحالات التقليدية تنتج الطاقة الحرارية البخار أو تسخن الغازات ، فيضغط البخار او تضغط الغازات على الالات الميكانيكية فتديرها ، وتدير الاخيرة المولدات (اى المنتجات) الكهربيـة لانتـاج الطاقة الكهربية ـ وبذلك اما تزداد كفاءة التوليد والتحـويل ، أو يقل وزن المعدات اللازمة . وفى كلتا الحالتين تقل الضوضاء فتزداد كفاءة العاملين .

ان اهم المعـدات الحديثة لانتـاج وتحويل الطاقة الكهربية هى المعدات الكهربية التي تعمـل بنظام ديناميكيا الموائع المغناطيسي ، وفيها يتحول ضغط الغازات المؤينة (ذات التوصيل الكهربى المتوسط) الى حركة فتسرع هذه الغازات داخل مجال مغناطيسي فتنتج طاقة كهربية ـ او ينتقل فيها جزء من كمية حركة ابخرة مضـغوطة الى معدن منصهر (جيد التوصيل الكهربى) فيسرع داخل مجال مغناطيسي منتجا طاقة كهربية ـ وتصل كفاءة التحويل فى الوحدات ذات القدرات الكبيرة الى ٥٠٪ ـ ثم المعدات الكيميائية الكهربية (اى بطاريات الوقود) وفيها يتحول الوقود الى طاقة كهربية عن طريق التفاعلات الكيميائية بكفاءة عالية تصل الى ٩٠٪ ـ فاذا علمنا ان أقصى كفاءة المعدات التقليدية لانتاج الطاقة الكهربية هى ٤٠٪ يبين لنا اهمية هذه المعدات الحديثة .

ومن المعدات الحديثة ايضا لانتاج الطاقـة الكهربية « المعدات الحرارية **الكهربية** » « **والمعدات الحراريـة الايونيـة » وفيهما تتحـول الطاقـة الحرارية الى طاقة كهربية بكفاءة تصل الى ١٠٪ فى الحالة الاولى والى ٢٠٪ فى الحالة الثانية ـ ثم المعدات الضوئية الكهربية وفيها تتحول الطاقـة الضوئية الى طاقة كهربية بكفاءة تصل الى ١٥٪** ـ وبالرغم من أن كفاءة التحويل هنا منخفضة نسبيا **الا ان المعدات خفيفة الوزن وتعمل فى سـكون** ، فهي تلائم معدات الفضاء والمعـدات الحربية ، بالاضـافة الى انها توائم مصادر الطاقة فيهما وهى الطاقة الشمسية والطاقـة النووية . ثم هناك معـدات تجمع بـين محولات الطاقـة الحرارية الايونية والتربينات البخارية تهدف الى الحصول على طاقة كهربيـة كبيرة بكفاءة أعلى مـن كفاءة التربينات البخارية التي تعمل بالوقود النووي .

وقد احدثت (وسوف تحدث) المعـدات الحديثة لانتاج وتحويل الطاقـة انقلابا ثوريا فى النظم التقليديـة فى معظم احتياجـات الصـناعة ووسائل النقـل والاضـاءة وغيرهـا وكذلك فى الاحتياجات الخاصة بمعدات الفضاء والمعدات الحربية وفى الاماكن النائية البعيدة عن العمران .

وسوف يشـهد الجزء الاول مـن القرن الحادى والعشرين انتشار معدات انتاج الطاقـة الكهربية مباشرة سواء كان ذلك بنظام ديناميكا الموائع المغناطيسـى أم بالنظام الحرارى الكهربى ، حيث تتحول الطاقة النووية مباشرة الى طاقـة كهربية ، متفادين فى ذلك الخطوات التقليدية من انتاج البخـار فى التربينات التي تدير بدورهـا المولدات الكهربية ـ كما سوف ينتشر استخدام الطاقة الناتجة من دوران الارض (طاقة الرياح وطاقة المد) ـ **ومـن المحتمل ايضـا ان تؤدى**

الابحاث الى نظم سهلة ورخيصة لانتاج الطاقة النووية عن طريق التحام ذرات المواد الخفيفة مع استخدام اشعة الضوء المتماسك (الليزر) .

اما اهم نظم ومعدات تخزين الطاقة من الوجهة العملية فهى نظام المحطات الكهربية ذات الخزانات المزودة بالمضخات ، حيث يستخدم فائض الطاقة الكهربية اثناء الليل (خاصة فى المناطق الصناعية) فى ادارة المضخات لرفع الماء الى خزانات عالية . وفى خلال النهار تتدفق المياه من الخزانات فتعمل المضخات كتوربينات تدار بدفع الماء ، وتدير الاخيرة بدورها معدات كهربية لانتاج الكهرباء ـ ثم نظام تحويل الكهربية الى طاقة كيمائية وتخزينها فى بطاريات كهربية . كما ان هناك طرقا اخرى كثيرة لتخزين الطاقة وخاصة اذا كانت تستهلك فى المعدات المتحركة (مثل السيارات والطائرات ومركبات الفضاء والصواريخ والغواصات) اهمها الطاقة المخزونة فى الرباط النووى (بالوقود النووى) والطاقة المخزونة فى الرباط بين ذرات المادة (الوقود الكيمائى والوقود التقليدى من فحم وزيت) وبين الذرات المؤينة وغير ذلك .

اما فيما يختص بنقل الطاقة الكهربية وتوزيعها فاحدث نظمها هو نقلها على خطوط الضغط الكهربى الفائق سواء كان متغيرا ام مستمرا . ان احدث النظم فى شبكات التوزيع هى استخدام الكابلات الارضية ، ومن المحتمل ان يشاهد فى الجزء الاول من القرن الحادى والعشرين انتشار نقل الطاقة مع استخدام البرد . كما يبذل المهندسون جهودا مثمرة فى تحويل الغاز الطبيعى الى سائل عن طريق التبريد حتى ١٤٧° مطلقة ـ وبذلك يمكن نقله لمسافات طويلة بسهولة ويسر ، ذلك لانه يشغل فى الحالة السائلة اقل من جزئين من الالف من حجمه فى الحالة الغازية .

ا ـ معنى الطاقة ومعنى تحويلها :

اذا رفع الانسان ثقلا معينا يقال انه عمل شغلا او بذل طاقة ـ كذلك اذا جر الحصان عربة يقال انه عمل شغلا او بذل طاقة ـ ان الطاقة فى هاتين الحالتين هى **طاقة ميكانيكية (او طاقة حركية)** ـ الطاقة لاتفنى بل تتحول من نوع الى نوع آخر ـ ان ابسط الامثلة الملموسة فى تحويل الطاقة هو المثل الآتى : عندما يحرك الانسان ذراعيه (مثلا) فى الشتاء فانه يشعر بالدفء وتفسير ذلك ان الطاقة الميكانيكية (والتى هى حركة الذراعين) قد تحولت الى طاقة حرارية رفعت درجة الحرارة فشعر الانسان بالدفء .

الشغل الميكانيكى طاقة والحرارة طاقة والكهرباء (التى تنير المنازل وتدير الآلات) طاقة ، والوقود (من فحم وزيوت) طاقة ، بل والمادة نفسها طاقة ، فالمادة طاقة مركزة والطاقة مادة طليقة ـ ان الغذاء الذى نتناوله فى طعامنا طاقة يمدنا (بعد تمثيله) بالحرارة وبالطاقة الميكانيكية اللازمة لتحركاتنا المختلفة ـ فموضوع انتاج وتحويل الطاقة يشمل الحياة جميعها .

ب ـ مصادر الطاقة :

ان مصادر الطاقة كثيرة ومتشعبة ـ فهناك طاقة الوقود المخزونة فى الارض فى صورة فحم وزيت ونباتات خشبية وغازات طبيعية ، وهناك طاقة مساقط المياه (سواء كانت ناتجة من شلالات صنعتها الطبيعة أم من سدود صنعها الانسان) ، وهناك الطاقة الشمسية ، وهناك طاقة الرياح

(الميكانيكية) وهناك طاقة المد ، وهناك طاقة الثلوج وهي على الجبال الشامخة فهي طاقة وضع يتحول الى طاقة حركة عند ذوبان هذه الثلوج ، وهناك الطاقة الحرارية بالهواء الذي يحيط بنا والطاقة الحرارية في القشرة الارضية تحت السطح ، والطاقة الحرارية في مياه الانهار والبحار والمحيطات (ولو ان درجة حرارة مصدر الطاقة هنا منخفضة الا ان الكمية الحرارية الموجودة كبيرة نسبيا) ، كما ان هناك الطاقة الحرارية الهائلة التي في جوف الارض والتي تصهر وتذيب بعض ما في جوف الارض فيظهر في شكل براكين ، وهناك طاقة المادة نفسها وهي الطاقة النووية .

ويمكن تقسيم هذه المصادر للطاقة الى مجموعتين اساسيتين :

المجموعة الاولى : وهي الطاقة ذات الكمية المحدودة وتشمل ما يأتي :

١ ـ الوقود التقليدي ، سواء كان صلبا (مثل الفحم والنباتات الخشبية) أم سائلا (مثل البترول بمشتقاته المختلفة) أم غازيا (مثل الغازات الطبيعية) وجميعها في تناقص مستمر نظرا للزيادة المطردة في استهلاكها .

٢ ـ الوقود النووي وأهم انواعه ، اكسيد اليورانيوم واكسيد الثوريوم .

المجموعة الثانية : وهي المصادر التي لا تنعدم ابدا (طالما هناك حياة على وجه الارض) ومن اهمها ما يأتي :

١ ـ الطاقة الناتجة من مساقط المياه .

٢ ـ الطاقة الشمسية .

٣ ـ طاقة الرياح .

٤ ـ طاقة المد .

٥ ـ طاقة الثلوج على الجبال الشامخة .

٦ ـ الطاقة الحرارية داخل الارض وفي مياه المحيطات والبحار والانهار .

يبذل المهندسون والعلماء قصارى جهدهم ويشحذون افكارهم في استغلال هذه الطاقات بأكبر كفاءة ممكنة مع اقل النفقات ـ وفي سبيل ذلك يقومون بتحويل الطاقة عند منابعها ومصادرها الى نوع يمكن نقله (بأقل النفقات واكبر الكفاءات) الى مكان استغلالها ، والى نوع يمكن تخزينه بأقل النفقات واكبر الكفاءات ايضا حتى يمكن استغلاله في الوقت المناسب . ومن امثلة التخزين « المحطات الكهربية ذات الخزانات المزودة بالمضخات » ، **ففي المناطق الصناعية تكون مطالب الكهرباء قليلة اثناء الليل وكثيرة اثناء النهار ، فيستخدم فائض الطاقة الكهربية (اثناء الليل) في ادارة محركات كهربية تدير بدورها المضخات لرفع الماء الى خزانات على قمة عالية ، وفي خلال النهار تتدفق المياه بانحدارها من هذه القمة العالية فتعمل المضخات كتوربينات تدار بدفع الماء ، وتدير الاخيرة بدورها مولدات كهربية لانتاج الكهرباء ـ تصل الكفاءة في هذه الحالة الى كفاءة اي من التربينة او المضخة وتصل سعة الوحدة منها الى اكثر من مائة (بل مائتي) الف كيلووات** ـ تقل النفقات التي تتطلبها مشروعات التخزين بهذه الطريقة اذا كان هناك خزانات طبيعية على قمة عالية (ارتفاعها من مائة الى خمسمائة متر) .

ولكن لماذا تحول الطاقة من نوع الى نوع آخر ؟ وما هو هذا النوع الآخر ؟

غالبا ما توجد مصادر الطاقة (سواء كانت فحما أم زيتا أم مساقط مياه أم طاقة رياح أم غير ذلك) فى مواقع بعيدة عن أماكن استغلالها ، فلابد اذن من نقل الطاقة من منبعها (مصدرها) الى مكان استغلالها . ان الطريقة المثلى لنقل الطاقة من مكان الى مكان آخر هى النقل الكهربى لكفاءته العالية وسهولة صيانته وتشغيله ـ لابد اذن من تحويل الطاقة أيا كان نوعها قبل نقلها الى طاقة كهربية . أما فى المسافات الطويلة فالطاقة الكهربية ليست الافضل لارتفاع تكاليف نقلها ولعدم امكان خزنها بكفاءة توازى خزن الوقود نفسه ، ونوع الطاقة الافضل فى هذه الحالة هو « الايدروجين » فهو أيسر أنواع الوقود نقلا وخزنا وأكثرها اقتصادا ـ والفكرة الاساسية فى اقتصاديات الايدروجين هى « اقامة المحطات النووية » أو « المحطات التقليدية » عند المناطق الساحلية وانتاج الطاقة الكهربية منها ، ثم استخدام التيار الكهربى المستمر فى « التحليل الكهربى » لتحويل مياه البحر المالحة الى عناصرها ثم انتاج « الايدروجين » ونقله بالسفن خارج البلاد للتصدير أو نقله داخل الاقاليم للاستفادة به كوقود .

• • •

سوف نضطر هنا الى استعمال بعض المصطلحات الخاصة بالطاقة الكهربية مثل **« القدرة الكهربية »** و **« الضغط الكهربى »** و **« التيار الكهربى »** و **« المقاومة الكهربية »** و **« الشحنة الكهربية »** ووحداتها العملية جميعها لذلك قد يكون من الاصوب توضيح معنى هذه المصطلحات ووحداتها العملية باختصار .

* **الوحدة العملية للطاقة الكهربية هى** « الكيلووات ساعة » (والجهاز الذى يقدرها هو العداد الكهربى) ، وهى تعادل الشغل الذى يبذله الانسان عند رفع ثقل مقداره ٣٦٧٠ كيلوجراما مسافة مقدارها مائة متر ، كما تعادل الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة ٣٠٠ لتر من الماء ٥٠ درجة مئوية .

* **الطاقة تساوى « القدرة » (المتوسط) مضروبا فى الزمن** ، فالقدرة هى معدل تغير الطاقة . ان الوحدة العملية للقدرة الكهربية هى « الكيلووات » وهى تساوى الف وات . ان المصباح الكهربى الذى قدرته تساوى مائة وات يستهلك طاقة مقدارها كيلو وات ساعة اذا استمر مضيئا لفترة عشر ساعات .

* **« القدرة الكهربية » (فى أبسط حالتها)** تساوى « الضغط الكهربى » مضروبا فى « التيار الكهربى » : الوحدة العملية للضغط الكهربى هى (الفولت) وللتيار الكهربى هى « الامبير » .

اذا مر تيار كهربى فى مقاومة كهربية نتج عند طرفيها ضغط كهربى يساوى التيار الكهربى مضروبا فى المقاومة . ان فتيل المصباح الكهربى هو من الامثلة الملموسة للمقاومة الكهربية ، وان الوحدة العملية للمقاومة الكهربية هى « الأوم » ويساوى المقاومة التى اذا مر بها تيار مقداره أمبير نتج عند طرفيها ضغط كهربى مقداره فولت . اذا اتصل مصباح كهربى قدرته ١٠٠ وات بضغط

كهربى مقداره ٢٠٠ فولت يمر فيه تيار كهربى مقداره نصف امبير . ويكتب عادة الرقم الذى يدل على القدرة ، والرقم الذى يدل على مقدار الفولت على غلاف المصباح الكهربى .

● **التيار الكهربى هو** معدل تغير الشحنة الكهربية ، اى انه عبارة عن كمية الشحنة الكهربية التي تتدفق كل ثانية . الوحدة العملية للشحنة الكهربية هى « **الكولوم** » واصغر شحنة كهربية فى الوجود هى شحنة مايسمى « بالالكترون » وهى شحنة سالبة وتساوى ١ر٦ × ١٠ ـ ١٩ كولوم . **فالكهرباء ليست انسيابية المقادير بل هى متقطعة**، اى تتكون من قطع صغيرة مكهربة تسمى الالكترونات . الالكترون هو احد مكونات ذرة المادة ، ومعنى ذلك ان الكهرباء موجودة فى ذات المادة ، **فالكهرباء لاتخلق ولا تستحدث . وفيمايلى شرح مبسط لتكوين ذرة المادة :**

ان اصغر جزء يمكن ان تنقسم اليه المادة بالطرق الميكانيكية هو الجزىء ، اما اصغر جزء يمكن ان تنقسم اليه بالطرق الكيمائية فهو الذرة.

تتكون ذرة اى مادة من نواة موجبة التكهرب يدور حولها عدد من الالكترونات السالبة التكهرب ، وان الشحنة الموجبة التى تحملها النواة تساوى فى المقدار الشحن السالبة التى تحملها الالكترونات ، فالذرة فى مجموعها متعادلة كهربيا ، وتنقسم الالكترونات حول النواة الى مجموعات او طبقات ، وان الالكترونات فى اية مجموعة لها نفس الطاقة الكلية تقريبا (**الطاقة الكلية للالكترون** تساوى طاقته الحركية الناتجة من دورانه حول النواة مضافا اليها طاقة وضع ، وهى طاقة كهربية ناشئة اساسا من شحنة الالكترون السالبة التكهرب وشحنة النواة الموجبة التكهرب) ـ كما ان طاقة الالكترونات الخاصة بابعد طبقة من النواة هى اقل طاقة ، وان الكترونات هذه الطبقة هى التي تحدد الخواص الكيمائية والطبيعية للمادة وهى تسمى الالكترونات المتحررة او المستعدة ، فهى دائما فى حالة استعداد وتحفز للتفاعلات الكيمائية والتوصيل الكهربى . اذا فقدت الذرة احد الكتروناتها (او اكثر) اصبحت « ايونا » ذا شحنة كهربية موجبة ، اما اذا اكتسبت الكترونا (او اكثر) اصبحت ايونا سالبا .

يمر تيار كهربى مقداره امبير (فى سلك ما) عندما يمر فى السلك عدد من الالكترونات كل ثانية يساوى واحدا مقسوما على ١ر٦ × ١٠ ـ ١٩ اى ٦٫٢٥ × ١٠ ١٨ الكترون (اى مايزيد على ستة بلايين البلايين من الالكترونات) .

اذا حركنا سلكا معدنيا فى مجال مغناطيسى دائم او مغناطيسى كهربى (بحيث يقطع الخطوط المغناطيسية لذلك المجال) نتج عند طرفى السلك ضغط كهربى ، واذا وصلنا طرفى السلك بفتيل مصباح كهربى يضيء المصباح ، لقد تحولت الطاقة الحركية (اى الميكانيكية) الى طاقة كهربية ، وهذا هو الاساس العريض للمولد (المنتج) الكهربى .

وبالعكس اذا مر تيار كهربى فى السلك وهو تحت تاثير المجال المغناطيسى نتج عن ذلك قوة ميكانيكية تحرك السلك ، والسبب فى ذلك ان التيار الكهربى بالسلك يصحبه مجال مغناطيسى فهو مغناطيس كهربى ، فيتنافر او يتجاذب مع المغناطيس الاصلى تبعا لاتجاه التيار الذى يمر فى السلك ، لقد تحولت الطاقة الكهربية الى طاقة حركية ، وهذا هو الاساس العريض للمحرك الكهربى .

والسؤال الذى يتبادر الآن الى الاذهان هو :

كيف استغل الانسان الطاقة الطبيعية لخدماته ؟

ربما كانت الطواحين المائية التى تدار من مساقط المياه هى اقدم المعدات التى استخدمها الانسان للحصول على طاقة لادارة الآلات ، ويأتى بعدها (وربما معها) طواحين الهواء (التي تدار بقوة الرياح) ، وقد استخدمها الانسان منذ القدم فى طحن الحبوب ، وخاصة القمح ، وفى ادارة المضخات لرفع المياه ورى الاراضى لزرعها . ومنذ حوالى قرنين من الزمان بدأ عصر الصناعة ، وبدأ معه استغلال الطاقة المخزونة فى الارض من فحم وزيت ونباتات خشبية وغازات طبيعية ، وظهرت الآلات البخارية والمحركات الكهربية . فمنذ ملايين السنين والشمس تتسبب فى انتاج ما مقداره مائة الف مليون طن من مجموعات النباتات كل عام ومثلها من الاوكسجين ، واثناء هذه الحقبة الطويلة من الزمن ماتت وتلاشت الحياة النباتية والحياة الحيوانية واصبحت مخزونة فى الارض كوقود فى صورة فحم او زيت او نباتات خشبية . ومع بداية عصر الصناعة بدأ استغلال هذه الطاقة الطبيعية المخزونة ، ثم اتسعت الصناعة وتشعبت وزاد الاستهلاك من هذا الوقود الطبيعى ، فمنذ بداية هذا القرن كان الاستهلاك فى جميع العالم يقدر بعدة ملايين من الاطنان سنويا ، اما الآن ، فهو يقدر بعدة آلاف الملايين من الاطنان سنويا — **ونحن لا نعلم بالضبط كمية المخزون فى الارض** ، ولكننا نستطيع القول بانه سيأتى اليوم **(عاجلا ام آجلا) الذى يقل فيه ، بل ويفنى** ، هذا المنبع الطبيعى من الفحم والزيت — **فاحتياجات العالم من الوقود آخذة فى الزيادة** ، فى حين ان وقود الفحم والزيت آخذ فى النقصان — وكان **من نتيجة ذلك ان اهتم العلماء والمهندسون** ، وشحذوا افكارهم حتى توصلوا الى توليد الطاقة **من المادة نفسها اى تحويل المادة الى طاقة** : « **انها الطاقة النووية** » فامكنهم بذلك خلق مورد آخر للطاقة — ولكن ، هل يستطيع هذا المورد الصناعى سد كفايتنا من الوقود بطريقة اقتصادية ؟ ، ان مقدار الطاقة (سواء كانت ناتجة من الفحم او الزيت او الغاز الطبيعى او من مساقط المياه او من الطاقة النووية) التي يستهلكها العالم اليوم سيتضاعف بعد عشرة اعوام . **فهل تستطيع الطاقة النووية ان تسد هذا النقص ؟ هذا ليس مجزوما به** ، فهو يتوقف على ماسوف يكون عليه انتاج هذه الطاقة ، ولا نستطيع تقدير هذا المعدل مستقبلا — فهل سنسلم امرنا الى القدر المجهول ، ام اننا نسعى وراء موارد وطرق اخرى لانتاج وتحويل الطاقة الطبيعية بكفاءة اعلى ؟ . لقد بذل المهندسون والعلماء ولا زالوا يبذلون جهودا جبارة لزيادة كفاءة التحويل . ففى عام ١٩٠٠ كان كل كيلووات ساعة من الطاقة الكهربية يتطلب انتاجه لثلاثة كيلو جرامات من الفحم متوسط الرتبة — وفى عام ١٩٢٠ انخفض ذلك الرقم الى ١ر٣ كيلو جرام ، واليوم انخفض اكثر واصبح اقل من ٣٠٠ جرام .

•••

ج — تقدير الطاقة الكهربية الناتجة من مصادر الطاقة المختلفة :

فيما يلي تقدير للطاقات الكهربية التى يمكن ان تنتج من مصادر الطاقة المختلفة الموجودة على الكرة الارضية :

١ — الطاقة الكهربية الناتجة من الفحم حوالى ٦٥٠٠ مليون مليون كيلو وات ساعة .

٢ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من الاخشاب والمخلفات النباتية الاخرى حوالى ٢٠٠ مليون مليون كيلو وات ساعة .

٣ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من البترول حوالى ٢٠٠ مليون مليون كيلو وات ساعة .

٤ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من الزيوت التي بالصخور الرملية وبالرمال تقدر بحوالى ٤٠٠ مليون مليون كيلو وات ساعة .

٥ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من الغازات الطبيعية حوالى ٢٠٠ مليون مليون كيلو وات ساعة .

٦ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من الوقود النووى (المقدر بحوالى ٥ مليون طن من اكسيد اليورانيوم وحوالى مليون طن من اكسيد الثوريوم) حوالى ١٠٠٠ مليون مليون كيلو وات ساعة .

٧ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من مساقط المياه حوالى خمسة ونصف مليون مليون كيلو وات ساعة سنويا .

٨ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من دفع المياه من المد حوالى خمسة مليون مليون كيلو وات ساعة سنويا .

٩ ـ الطاقة الكهربية التي يمكن ان تنتج من الطاقة الشمسية الساقطة على الكرة الارضية حوالى ٣٦ الف مليون مليون كيلو وات ساعة سنويا ، ولكن مقدارا صغيرا من هذه الطاقة هو الذى يمكن الاستفادة منه .

١٠ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من دفع الرياح هى حوالى ١٥ مليون مليون كيلو وات ساعة سنويا ، ولكن خمسة اجزاء من المائة فقط هى التى يمكن الاستفادة منها .

١١ ـ الطاقة الكهربية التى يمكن أن تنتج من الطاقة الحرارية داخل الارض هى حوالى مليون مليون مليون كيلو وات ساعة ، ولكن جزءا صغيرا جدا من هذه الطاقة هو الموجود فى الجزء الخارجى من القشرة الارضية والذى يبلغ سمكه حوالى ثلاثة كيلو مترات (من سطح الارض) .

لقد بلغ استهلاك العالم فى عام ١٩٦١ من الطاقة الكهربية حوالى اثنين ونصف مليون مليون كيلو وات ساعة . وفيما يلى النسبة المئوية للطاقة الكهربية الناتجة من المصادر التقليدية المختلفة فى نفس العام :

١ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من مساقط المياه ٦٪ وتزداد سنويا بنسبة ٨٪ فى المتوسط .

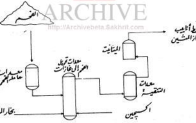
٢ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من الفحم والاخشاب ٤٨٪ وتزداد سنويا بنسبة ٢٪ فى المتوسط .

٣ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من البترول ٣١٪ وتزداد سنويا بنسبة ٦٫٥٪ فى المتوسط .

٤ ـ الطاقة الكهربية الناتجة من الغاز الطبيعى ١٥٪ وتزداد سنويا بنسبة ٩٫٥٪ فى المتوسط .

وبالامتداد الاحصائى نعتقد ان العالم سوف يستهلك فى عام ١٩٧٥ طاقة كهربية تقدر باكثر من خمسة عشر مليون مليون كيلو وات ساعة .

وجدير بالذكر هنا ان نؤكد ان المسئول الاول عن تلوث الهواء (بل والماء ايضا) هو الفحم حيث يطلق عند احتراقه ثانى اكسيد الكبريت الضار **ـ ويلى ذلك فى المسئولية البترول ـ اما الغاز الطبيعى فهو اقل انواع الوقود ضررا عند احتراقه .** لذلك يقوم بعض المهندسين والكيمائيين بتحويل الفحم الى نوع من الغاز الطبيعى وهو « الميثين » ، **وشكل (١)** يبين هذا التحويل ، حيث يتفاعل بخار الماء مع الكربون الذى بالفحم منتجا غازا غنيا بالايدروجين يشبه غاز الميثين ، ثم ينقى من الغازات الاخرى الناتجة من التفاعل والتى اهمها الامونيا وثانى اكسيد الكربون ، ويبقى فقط غاز « الميثانيت » (وهو يحتوى على الميثين والايدروجين واول اكسيد الكربون) الذى يمكن تعلية كثافته الحرارية بتفاعلات كيمائيــة اخرى مع غاز الايدروجين عند ١١٠٠° مطلقة ، ٦٥ ضغط جوى .



شكل ١

نظام تحويل الفحم الى غاز الميثين .

د ـ الآلة الحرارية المثلى ـ

اهم المعدات الحرارية لتحويل الطاقة هي « الآلة الحرارية » حيث يحرق الوقود (فحما كان ام زيتا ام غازا طبيعيا) وتتحول طاقته الى حرارة لتنتج البخار او تسخن الغازات فيضغط البخار او تضغط الغازات ويتحول جزء من طاقتها الى شغل فيدير الآلات الميكانيكية (سواء التوربينات البخارية ام الغازية ام غيرها) والتي تدير بدورها المنتجات (المولدات) الكهربية . واما باقي الطاقة الحرارية فيخرج مع العادم (اي البخار او الغاز بعد تأديته الشغل) عند درجة حرارة منخفضة ويضيع سدى ولا يستفاد به .

ان كفاءة الآلة الحرارية المثلى (اي كفاءة تحويل الطاقة الحرارية الى شغل) تساوي الفرق بين درجة الحرارة المطلقة لمائع التشغيل (البخار او الغاز) ودرجة الحرارة المطلقة للعادم مقسوما على درجة الحرارة المرتفعة وتصل هذه الكفاءة الى ٦٥٪ يبذل المهندسون قصارى جهدهم للاستفادة بالطاقة الحرارية التي تخرج مع العادم . فقد اقام المهندسون نوعا من التوربينات يجمع بين تربينات البخار وتربينات الغاز (يسمى بتربينات الغاز والبخار) وذلك لانتاج الطاقة الكهربية وفي احد انظمة هذا النوع تستخدم غازات العادم الخارج من تربينة الغاز كهواء احتراق للمراجل الذي ينتج البخار لتغذية تربينة البخار والنتيجة هو الحصول على طاقة كهربية بكفاءة عالية . تنتج التربينة البخارية الجزء الاكبر من الطاقة الكهربية ، ذلك لان التربينات الغازية تعمل بكفاءة منخفضة نسبيا ، ولكنها رخيصة الثمن وخفيفة الوزن وسهلة التصميم .

وجدير بالذكر هنا ان كفاءة معدات تحويل الطاقة (واقصاها ٤٠٪) اقل من كفاءة الآلة الحرارية المثلى ، نظرا لان جزءا من الطاقة يفقد في الاحتكاك وفي مقاومة الهواء اثناء الدوران وفي الملفات الكهربية وغير ذلك مما يسبب ارتفاعا في درجة الحرارة ؛ ومما يحد من سعة المعدات ـ يقل هذا الفقد كلما زادت سعة وحدة الانتاج ـ لقد مرت التربينات البخارية (مع معداتها الكهربية) في السنوات الخمس عشرة الاخيرة في عدة مراحل هادفة الى زيادة سعتها وبالتالي زيادة كفاءتها ، فهناك وحدات تصل سعتها الى ٨٠٠ الف كيلو وات واكثر مستخدمة الهيدروجين لتبريد الاجزاء المتوهجة والماء المباشر لتبريد ملفات المجال المغناطيسي الساكنة في المنتج الكهربي وغير ذلك .

اما اهم المعدات الحديثة لانتاج الطاقة الكهربية فهي : المعدات التي تعمل بنظام ديناميكا الموائع المغناطيسي ، والتي تعمل بالنظام الحراري الكهربي وبالنظام الحراري الايوني وبالنظام الضوئي الكهربي ، وكلها تشبه الآلة الحرارية التقليدية من حيث ان مصدر الطاقة الحرارية يمد مائع التشغيل بالطاقة الحرارية اللازمة ، فترتفع درجة حرارته ، ولكن مائع التشغيل هنا يقوم بتحويل جزء من هذه الطاقة الى طاقة كهربية مباشرة بدون وساطة الآلات الميكانيكية المتحركة ـ كما ان مائع التشغيل في هذه المعدات الحديثة ليس البخار ولا الهواء الساخن وانما هو « البلازما » او المعادن المنصهرة (والتي تستمد طاقتها الحرارية من المفاعلات النووية) ، وذلك في حالة المعدات التي تعمل بنظام ديناميكا الموائع المغناطيسي .

اما غاز التشغيل في حالة المعدات التي تعمل بالنظام الحراري الكهربي وبالنظام الحراري الايوني وبالنظام الضوئي الكهربي فهو « الالكترونات » ويستمد هذا الغاز الالكتروني الطاقة الحرارية اما عن طريق تسخين المادة كما في النظامين الاول والثاني ، او عن طريق

امتصاص الالكترونات (وهى داخل المادة) للطاقة الضوئية الساقطة عليها كما فى حالة المعدات التى تعمل بالنظام الضوئى الكهربى .

أما المعدات الكيمائية الكهربية (اى بطاريات الوقود) فهى تختلف تماما عن الآلة الحرارية ، ولا تخضع لنظام الديناميكا الحرارى المحدود الكفاءة ـ ففى هذه المعدات يتحول الوقود الكيمائى مباشرة الى طاقة كهربية بكفاءة تصل الى ٩٠٪ .

هـ ـ انتاج الطاقة الكهربية بنظام ديناميكا الموائع المغناطيسى :

يسمى النظام الذى يتحرك فيه مائع التشغيل (غاز البلازما او المعدن المنصهر) تحت تأثير المجال المغناطيسى (لانتاج الطاقة الكهربية) بنظام « ديناميكا الموائع المغناطيسى » . ويستمد هذا النظام طاقته فى العادة من الطاقة النووية . ولقد سبق ان ذكرنا ان أصغر جزء يمكن ان تنقسم اليه المادة بالطرق الميكانيكية هو الجزىء ؛ اما اصغر جزء يمكن ان تنقسم اليه بالطرق الكيميائية فهو الذرة . **لقد امكن تفتيت الذرة وتحويلها الى طاقة ـ فالمادة هى طاقة مركزة والطاقة هى مادة طليقة .**

وتتكون ذرة اى مادة من نواة (مركز فيها مادة الذرة) ويدور حولها عدد من الالكترونات (يساوى العدد الذرى للمادة) ذات شحنات كهربية سالبة ـ وأن هذه النواة مكونة من عدد من النيوترونات المتعادلة كهربيا وعدد من البروتونات الموجبة التكهرب ، وان النيوترونات والبروتونات فى حالة تماسك كبير المقدار . **ان قوة التماسك هذه ليست قوة مغناطيسية ولا قوة كهربية ولا قوة جاذبية ، فطاقة هذا التماسك هى المادة نفسها ـ انها الطاقة النووية .**

فالطاقة النووية هى اذن المادة نفسها ، ويمكن اطلاقها من عقالها بواسطة انشطار ذرات المواد الثقيلة (وهى المستعملة حاليا) او بواسطة التحام ذرات المواد الخفيفة (وهذا فى دور التجربة) ـ ففى الحالة الاولى تنشطر النواة الثقيلة (اليورانيوم مثلا) الى نووات اخف وزنا ، والفرق بين كتلة النواة الاصلية وكتلة المفردات الناتجة من عملية الانشطار هو الطاقة المنطلقة ـ اهمها الطاقة الحرارية الهائلة والنيوترونات والاشعاعات المختلفة (اشعة جاما وبيتا والاشعة السينية) ؛ ان النواة الثقيلة هى الوقود ، اما المفردات الاخف وزنا فهي الرماد الناتج من عملية الاحتراق النووى . وتستخدم الطاقة الحرارية الهائلة فى تحويل الماء الى بخار سواء كان الماء تحت ضغط (ماء مضغوط) او فى حالة غليان (ماء مغلى) لتشغيل التربينات البخارية او فى تسخين الغازات أو فى انصهار المعادن او فى غير ذلك ـ حيث يقال ان مادة التبريد هى الماء او الغازات او المعادن المنصهرة ، حيث انها تقوم بتبريد الوقود النووى .

اما فى الحالة الثانية فتنصهر (اى تلتحم) النووات الخفيفة (وهى نظائر غاز الايدروجين) عند درجات الحرارة العالية التى تبلغ الملايين لتكون نووات اثقل (هى ذرات الهيليوم) ولكن كتلة مجموع النووات الثقيلة اقل من كتلة مجموع النووات الخفيفة والفرق بين هذه وتلك هى الطاقة المنطلقة ، ان النووات الخفيفة فى هذه الحالة هي الوقود فى حين أن النووات الثقيلة هى الرماد (اى العادم) . ان هذا هو الذى يحدث فى الشمس منذ بلايين السنين (٥ بليون سنة) لكى تمدنا بالحياة ـ تتحول اربعة ملايين طن من مادة الشمس الى طاقة فى الثانية الواحدة ـ ان الجرام الواحد من المادة يساوى نظريا طاقة كهربية مقدارها ٢٥ مليون كيلو وات ساعة ، فهي تساوى

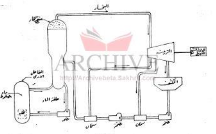
الكتلة مضروبا فى مربع سرعة الضوء (= ١ × (٣ × ١٠) ٢ × ١٠ – ٧ / ٣٦٠٠ × ١٠ ٢) – تسمى المعدات التى يحترق فيها الوقود النووى» بالمفاعلات النووية او الذرية » ويسمى المكان الذى يحوى هذه المفاعلات ومعداتها « بالمحطةالنووية » .

وتستخدم الطاقة النووية فى تطبيقات عديدةمدنية وعسكرية ؛ ومن اهم تطبيقاتها المدنية انتاج الطاقة الكهربية وانتاج البخار وانتاج الغازات الساخنة بكفاءة معقولة ؛ ثم استخدام هذه التكنولوجيا فى تسيير السفن والطائرات وغيرهامن وسائل النقل ، وكذلك فى تسيير سفن الفضاء وفى دفع الصواريخ وغير ذلك ، واهم تطبيقاتهاالعسكرية اطلاق القنابل الذرية الناتجة من التفجيرات النووية .

لقد وصل النشاط الانشائى للمحطاتالعملاقة التى تعمل بالوقود التقليدى ذروته (وذلك فى البلاد المتقدمة) وكانت هنالك عنايةخاصة فى اختيار موقع هذه المحطات وعلى ان تكون خارج المدن حتى لا تتسبب فى تلوث الهواءوالمياه لسكان تلك المدن ـ كما يختار الموقع بجوار منابع الوقود بقدر الامكان حتى تقل تكاليفه . وفىأواخر الستينات واوائل السبعينات ارتفع سعر الوقود التقليدى (لكثرة استهلاكه) وانخفضنسبيا سعر الوقود النووى (نظرا للبحوث المستمرة فى ذلك الموضوع) واصبحت محطات القوى النووية العملاقة تنافس **المحطاتالتقليدية. وسوف يتوقف انشاء اى محطات تقليدية فىالنصف الثانى من السبعينات ويزداد معدل انشاء المحطات النووية التى تحوى المفاعلات النووية التىتعمل «بالماء المغلى » والتىتعمل «بالماء المضغوط».** لقد بلغت سعة الوحدة النموذجية من المفاعلاتالنووية اليوم قدرة فائقة هى مليون كيلو وات ، وسوف تبلغ مليون ونصف مليون كيلووات فىاواخر السبعينات . ونظرا للاشعاعات الضارة تقام المحطات النووية بعيدا عن المدن ، ولكنها فىالوقت نفسه يجب ان تكون قريبة من مصادر المياه للتبريد . فى المناطق الساحلية مثلا ، يمكننا انتؤكد بالامتداد الاحصائى ان نصف الطاقة الكهربية سوف تنتجها المحطاتالنوويةفى عام ٢٠٠٠ ـ يبينالمثل الآتى اهمية تواجد مصادر المياه للتبريد قريبة من محطات القوى العملاقة :

يحتاج كل الف كيلو وات (من سعة المحطة)الى ثلاثين لترا من الماء كل ثانية فى حالة الوقود التقليدى (الفحم أو الزيت) والى ٤٥ لترا كلثانية فى حالة الوقود النووى ، وبناء على ذلك تحتاج محطة القوى النووية التى سعتها ١٢ مليونكيلو وات الى اكثر من نصف مليون لتر من المياه فى الثانية ، وهى كمية ضخمة لا يمكن الحصولعليها الا من البحار أو الانهار الكبيرة . **وسوف اقدم فيما يلى شرحا مختصرا لمفاعل ذرى يعملبالماء المغلى وآخر يعمل بالماء المضغوط حتى يتكامل الموضوع بالنسبة للقارىء : شكل (٢)**يبين مفاعلا ذريا يعمل بالماء المضغوط لانتاج الطاقة الكهربية ـــ يوضع الوقود النووى داخل المفاعلالذرى فى المكان المعد له والذى يسمى بالقلب ، ويتكون هذا الوقود عادة من قضبان اسطوانية منثانى اكسيد اليورانيوم المطعم بحوالى ٢ر٥٪ من اليورانيوم ٢٣٥ ـ تتسبب الطاقة الحرارية الهائلةالمتولدة من التفاعل النووى فى تحويل الماء الى خليط من الماء والبخار تحت ضغط مقداره حوالى٧٠ كيلو جراما على السنتيمتر المربع ، فيتدفق البخار الى داخل التربينة فيديرها (وتدير الاخيرةالمولد الكهربى لانتاج الطاقة الكهربية) ، ثم يتركها بعد أن يفقد جزءا كبيرا من طاقته الحرارية ليضخثانية الى المفاعل ـ ولتشغيل البخار باقصى كفاءة

ممكنة فأن البخار العادم يترك التربينة بدرجات مختلفة من الطاقة الحرارية ، فالجزء « ١ » من البخار طاقته اكبر من طاقة الجزء « ٢ » وطاقة الاخير اكبر من طاقة الجزء « ٣ » — فعندما يمر الجزء « ٣ » فى المكثف ويضخ الماء الناتج بالمضخة « ٦ » مارا بالسخان « ٤ » ينتقل اليه بعض طاقة الجزء « ٢ » ، وبعدما يضخ مرة ثانية بالمضخة « ٧ » مارا بالسخان « ٥ » يمتص بعض طاقة الجزء « ١ » ، ثم يضخ مرة اخيرة بالمضخة « ٨ » الى داخل المفاعل عن طريق « حلقة الماء » — وفى المفاعلات ذات السعة الكبيرة يكون هناك اكثر من « حلقة ماء » — اذ يبلغ عددها اربع حلقات فى المفاعلات التى سعتها نصف مليون كيلو وات ، حيث تبلغ الكفاءة ٣٢٪ .

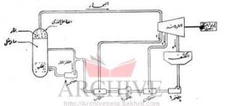


شكل ٢

مفاعل ذرى يعمل بالماء المضغوط لانتاج الطاقة الكهربية .

اما شكل (٣) فيبين مفاعلا ذريا يعمل بالماء المضغوط (أى الماء وهو تحت ضغط كبير) لانتاج الطاقة الكهربية ، حيث تتسبب الطاقة الحرارية المتولدة من التفاعل النووى فى تسخين الماء المضغوط داخل المفاعل لدرجة اكبر قليلا من ٣٠٠ درجة مئوية — ثم ينتقل هذا الماء المضغوط الى منتج البخار بواسطة انابيب حيث يفقد جزءا من طاقته فى انتاج البخار فتقل درجة حرارة الماء المضغوط لتصبح حوالى ٢٧٠ درجة مئوية ، ثم يضخ ثانية الى المفاعل . يتدفق البخار الى داخل

التربينة بضغط مقداره حوالى ٥٠ كيلو جراماعلى السنتيمتر المربع ، ويستمر العمل كما في المفاعل الذرى الذى يعمل بالماء الثقيل والسابق شرحه. تصل الكفاءة الحرارية الى ٣٠٪ في المفاعلات التى سعتها نصف مليون كيلو وات .

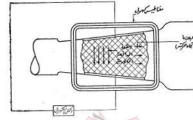


شكل ٣

مفاعل ذرى يعمل بالماء الثقيل لانتاج الطاقة الكهربية .

نعود ثانية الى المنتجات الكهربية التى تعمل بنظام ديناميكا الموائع المغناطيسي ، انها آلات حرارية ولكن مادة التشغيل فيها هى غاز البلازما او المعادن المنصهرة ، وليست البخار او الهواء الساخن ـ والبلازما هى غاز فى حالة تأين ، اى غاز فصلت فيه الالكترونات من الذرات واصبح يتكون من الكترونات طليقة ذات شحنة كهربية سالبة ، وايونات ذات شحنة كهربية موجبة ولكن الغاز فى مجموعه متعادل كهربيا ، اى لا هو سالب التكهرب ولا هو موجب التكهرب ، ان البلازما موصلة الى حد ما للكهرباء .

اذا حركنا سلكا معدنيا فى مجال مغناطيسى نتج عند طرفى السلك ضغط كهربى ، واذا وصلنا طرفى السلك بفتيل مصباح كهربى يضىء المصباح كما ذكرنا سابقا ، لقد تحولت الطاقة الحرارية الى طاقة كهربية ـ وعلى هذا الاساس تتولد الطاقة الكهربية فى نظام ديناميكا الموائع المغناطيسى كما فى النظام التقليدى .



شكل ٤

النظريات الاساسية فى نظام ديناميكا الموائع المغناطيسى .

شكل ٤ يبين النظريات الاساسية فى نظام ديناميكا الموائع المغناطيسى :

يتدفق غاز البلازما أو المعدن المنصهر من مصدر ذى ضغط كبير المقدار (من اليسار الى اليمين) ويمر فى مجال مغناطيسى متعامد على حركة الغاز فتتولد قوة دافعة كهربية (أى ضغط كهربى) فى الاتجاه العمودى على كل من حركة الغاز والمجال المغناطيسى ، فاذا وصلنا حملا كهربيا بواسطة طرفين مر تيار كهربى فى الحمل وحصلنا على طاقة كهربية (تستهلك فى الحمل) والسؤال الان هو : من اين حصلنا على هذه الطاقة ؟ انها « طاقة الضغط » التى تجعل الغاز يتدفق من اليسار الى اليمين ـ ان هذا المنتج الكهربى يماثل المنتج الكهربى التقليدى ، والذى فيه يتحرك موصل من النحاس فى مجال مغناطيسى فعندما يتصل السلك بحمل كهربى يمر فيه تيار كهربى وتستهلك طاقة كهربية ، ولكن الطاقة فى هذه الحالة طاقة ميكانيكية تأتى عن طريق المحرك الذى يحرك السلك فى المجال المغناطيسى ـ اما من وجهة الديناميكا الحرارية فان عمل المنتج الكهربى فى نظام ديناميكا الموائع المغناطيسى يشبه عمل التربينة التى تعمل بالغاز ، **ذلك لأن الطاقة التى نحصل عليها من التربينة تأتى عن طريق طاقة الضغط التى تجعل الغاز يتدفق من التربينة .**

لنبدأ اولا بالمعدات التى تعمل بالبلازما كغاز تشغيل :

١ ـ هناك نوعان من هذه المنتجات احدهما يعمل بالدورة المفتوحة والآخر يعمل بالدورة المغلقة ـ فالنوع الذى يعمل بالدورة المفتوحة هو الأهم ويستخدم فيه الهواء المؤين ، أو الهواء

المطعم بالمواد التي يسهل تأينهـا والتي تزيد من درجة توصيله الكهربي ، ويستخدم هنا الوقود التقليدي (الفحم مثلا) وتصل درجة حرارة الهواء الى ثلاثة الاف درجة مئوية ، كما تصل كفاءة الدورة الكاملة ٥٠٪ ـ ولكن نتيجـة للارتفـاع الكبير في درجة الحرارة تظهر بعض الصعوبات التي يجب التغلب عليها واهمها التآكل والعزل الكهربي . اما في النوع الذي يعمل بالدورة المغلقة فالوقود هو الوقود النووي ، ولا يحتمل زيادة درجة حرارة غاز التشغيل عن ٨٠٠ درجة مئوية فتقل الكفاءة كما تقل درجة التوصيل الكهربي للغاز ويجدر بنا هنا ان نذكر ان الآلة التي تعمل بنظـام ديناميكا الموائع المغناطيسي هي جزء من الآلة الحرارية ؛ ومعنى ذلك ان زيادة درجة حرارة غاز التشغيل تزيد من كفاءة الآلة .

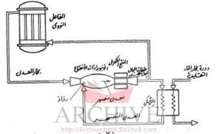
ان الصعوبة الاساسية في هذه الالات الكهربية هي كيفية الحصول على درجة كبيرة من التوصيل الكهربي لغاز التشغيل . تزداد درجة التوصيل الكهربي في الغاز بمعدل كبير مع الارتفاع في درجة الحرارة ، ومع ذلك فدرجة توصيل الغازات عند اكبر درجة حرارة يمكن الحصول عليها ، لا تزال منخفضة جدا وغير مفيدة فائدة فعالة ، وللتغلب على هذه الصعوبة يطعم الغـاز بمـادة يسـهل تأينها . فعند اضافة جـزء من مائـة من مـادة البوتاسيوم الى لهب الكيروسين والاكسجين تصل درجة توصيل هذا الغاز عند ٣٠٠٠° مئوية الى جزء من مليون جزء من درجة توصيل النحاس ، وهي درجة توصيل كافيـة ومعقولة وعمليـة ـ تتناسب القدرة الكهربيـة التي تنتجها هـذه المعدات الانتاجية مع درجة التوصيل الكهربي لغاز التشغيل ومع حجم الآلة ـ ان المفقودات في هذه الآلة ناشئة من انتقال الحرارة واحتكاك الغاز بالجدران والطاقـة الكهربية اللازمـة للملف المغناطيسي ، وهذه المفقودات تقل نسـبتها كلما زاد حجم الآلة . وعلى ذلـك فان آلة واحدة من هذا النوع سوف تبلغ قدرتها عدة مئات الآلاف من الكيلو وات ، وبناء عليه سوف تعمل في المحطات الكهربية الحديثة ذات القدرات الكبيرة .

المعدات التي تعمـل بالمعادن المتصـــهرة كمائـع تشغيل :

٢ ـ لقد تمكن المهندسـون من التغلب على صعوبة الحصول على توصيل كهربي معقول عند درجات الحرارة المنخفضة نسبيا، وذلك باستعمال المعادن المنصهرة الجيدة التوصيل الكهربي كمائع تشغيل .

يمثل شكل (٥) احد هذه الانظمة ـ حيث يتبخر جزء من المعدن المنصهر في المفاعل النووي نتيجة لطاقته الحرارية العالية ، وعند مروره في الانبوبة ذات الانفتاح يتمدد ، وتتحول طاقته الى طاقة حركية ، فيندفق بخار المعدن داخل الانبوبة ـ وفي نفس الوقت يدخل المعدن المنصهر في صورة رذاذ الى الانبوبة ، وعندما يختلط الرذاذ بالبخار السريع يتكثف الاخير حول رذاذ المعدن المنصهر ؛ ويتبادلان كمية الحركة والنتيجة هي تدفق المعدن المنصهر داخل المنتج الكهربي بسرعة عالية وهـو تحت تأثير المجال المغناطيسي فيتحول جـزء من طاقته الحركية الى طاقة كهربية ـ هذا ويمكن الاستفادة بالمعدن المنصـهر الخارج من المنتـج الكهربي في انتاج بخار الماء ليعمـل في دورة بخار تقليدية كما في الشكل . لقد تمكن المهندسون من انتاج الطاقة الكهربيـة ذات التيـار المتغير ذي الثلاثة اطوار باستخدام نظام المنتج الكهربي الخطي التأثيري . ولكني اود ان اضيـف هنا انه لا تزال

هناك عقبات يجب التغلب عليها قبل تعميم هذاالنظام فى محطات القوى الكهربية المركزية اهمها التخلص من بخار المعدن حتى لا يتدفق الى المنتج‌الكهربى فيتلف بعض اجزائه .



شكل ٥

احد المعدات التى تعمل بالمعادن المنصهرة فى نظام ديناميكا‌الموائع المغناطيسى .

٢ ـ هناك نوع من هذا النظام يربط دورة‌المعدن المنصهر مع الدورة التقليدية لبخار المعدن
اى ان هناك دورة مزدوجة تجمع بين دورة البخارودورة السائل (وهو المعدن المنصهر) ، والهدف من ذلك هو الحصول على طاقة كهربية اكثر كفاءةواكثر اقتصادا من اى من البخار والسائل . وتتلخص اسس هذا النظام فى ان الطاقة الحرارية‌تنتقل من المفاعل النووى الى المعدن المنصهر ـ ثم يتحول جزء من الطاقة الحرارية الاخير الى طاقة‌كامنة لتبخير جزء من السائل المنصهر ، ثم تحويل الجزء الاكبر من الطاقة الحركية للمعدن المنصهرالى طاقة كهربية فى المنتج الكهربى .

والواقع ان هناك انواعا كثيرة من هذا النظام‌وفيما يلي شرح لاحداها (**شكل ٦**) :

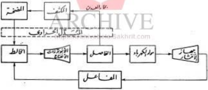
عندما يمر بخار المعدن « بالمكثف » يتكثف‌ويخرج منه وهو فى حالة سائل ، حيث يضخ بواسطة مضخة الى « الخالط » ـ وعند ملامسته‌للسائل الساخن‌بالخالط ـ يتبخر ـ وعند مرور كل من السائل والبخار فى الانبوبة ذات الانفتاح‌يتمدد البخار ويتبادل مع السائل كمية الحركة فتزداد سرعة السائل فيتدفق داخل المنتج‌الكهربى تحت تاثير المجال المغناطيسى منتجا الطاقة الكهربية .

عندما يتمدد البخار في الانبوبة ذات الانفتاح ويمر ومعه السائل في الفاصل ينفصل البخار عن السائل حيث يمر الاول في المكثف ويبدأ عملية الضخ ثانية وهكذا .

ولزيادة كفاءة هذه الدورة المزدوجة يمر البخار (اثناء مروره من الفاصل الى المكثف) في « مبدل » حراري فيبرد ، كما يمر السائل بعد ضخه في المبدل فيسخن ، كما في الشكل .

وللمقارنة بين استخدام البلازما واستخدام المعدن المنصهر نذكر المثل الآتي : في حالة المعدن المنصهر تصل الكفاءة الى ٥٠٪ عند درجة حرارة اقصاها ٩٠٠ درجة مئوية فقط وتصل الى ٥٥٪ عند درجة حرارة اقصاها ١٢٥٠ درجة مئوية ـ اما في حالة البلازما (واستخدام غاز الهيليوم) تصل الكفاءة الى ٥٠٪ في الدورة المغلقة عند درجة حرارة ١٧٠٠ درجة مئوية ، والى ٥٠٪ في الدورة المفتوحة عند درجة حرارة ٣٠٠٠ درجة مئوية .

•••



شكل ٦

نظام الجمع بين دورة السائل المنصهر ودورة البخار في نظام ديناميكا الموائع المغناطيسي .

و ـ بطاريات الوقود :

البطاريات الكهربية عموما هي معدات لتحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربية وذلك عن طريق احتراق الوقــود الكيميائي ، ونتيجة لهذا الاحتراق تنطلق الالكترونات (وهي غاز التشغيل) وتسري الحمل الكهربي (وهو مصباح كهربي مثلا) فتتحول معظم طاقة هذا الوقود الى طاقة كهربية. ان مادة الوقود هي القطب السالب للبطارية ، اما مادة هذا الوقود الى طاقة كهربيــة . ان مــادة الوقود هي القطب الســالب للبطاريــة ، اما مادة الاحراق (اي المادة التي سوف تسبب احتراق

هذا الوقود) فهى اما مادة القطب الموجب ، واماالمادة الناتجة من التفاعل الكيمائي للقطب الموجب، اي ان مادة الاحراق هى مادة القطب الموجبسواء كانت بطريق مباشر أم بطريق غير مباشر .

والفرق الاساسى بين بطاريات الوقودوالبطاريات التقليدية المعروفة هو أن مادة الوقود ومادة الاحراق (فى البطاريات التقليدية) هما قطباالبطارية نفساهما وهما غالبا مواد صلبة ، اما فى بطاريات الوقود فان هذه المواد هى مواد غازيةتتدفق الى البطارية (من مصدر خارجى عن طريق أنابيب توصيل) بمعدل يتناسب مع معدلسحب الطاقة الكهربية من البطارية . اما الاقطاب فهى منفصلة ولا شان لها بالاحتراق ، فبطاريات الوقود هى معدات حقيقية لتحويل الطاقة وليست معدات لتخزين الطاقة الكيميائية فقط كما فىالبطاريات التقليدية .

وتتراوح كفاءة التحويل فى بطاريات الوقودبين ٦٠٪ ، ٩٠٪ كما يتراوح وزنها وحجمها بين جزء من عشرة الى جزء من مائة من وزن وحجمالبطاريات التقليدية عندما تنتج نفس الطاقة الكهربية . وتعتبر بطاريات الوقود احد انواعالبطاريات الابتدائية ، وبذلك يجدر بنا هنا أن نقدم **بعض تفصيلات** من البطاريات التقليدية ثم يلى ذلك تفصيل لبطاريات **الوقود** .

يمكن تقسيم البطاريات الكهربية التقليدية الى مجموعتين هما : البطاريات الابتدائية والبطاريات الثانوية (أو بطاريات الخزن) .

ينتهى عمر البطارية الابتدائية عندما تتحولالطاقة الكيمائية المخزونة بها الى طاقة كهربية ، اى عندما يتم احتراق الوقود الكيمائي المخزونبها ، أما البطارية الثانوية فان حياتها لا تنتهى عند ذلك ، فعندما تتحول طاقتها الكيمائيةالمخزونة الى طاقة كهربية يمكن اعادة البطارية الى حالتها الاولى ، اى خزن طاقة كيمائية داخلها مرةأخرى ، وذلك بامرار تيار كهربى فيها (فى الاتجاه العكسى) ويسمى هذا « بشحن البطارية » ويمكنشحن البطارية الثانوية مرات عديدة ـ ومعنى ذلك ان التفاعل الكيمائى فى البطاريات الثانويةيجب ان يكون قابلا للانعكاس .

وتتكون البطارية ، سواء كانت ابتدائية امثانوية ، من عدد من الخلايا متصلة بعضها بالبعض الاخر حتىيمكنها ان تعطىالتيار الكهربىوالضغطالمطلوبين فمثلا تتكون بطارية الراديو (الستة ڤولت) من اربع خلايا متصلة على التوالى كلخلية تعطى ضغطا كهربيا مقداره ڤولت ونصف ، فالخلية هى وحدة البطارية .

وحيث أن اداء البطارية يتوقف على التفاعلالكيمائى **فسوف اقدم شرحا مبسطا للتفاعل الكيمائى عموما** ، وحيث أن التيار الكهربى داخلالبطارية هو تيار أيونى (اى يتكون من ايونات) وليس تيارا الكترونيا (كالتيار الكهربى الذى يمرق الاسلاك خارج البطارية) ، فسوف أقدم **كذلك شرحا مبسطا لعملية التاين .**

ان طاقة الالكترونات الخاصة بابعد طبقةمن النواة هي اقل طاقة ، وان الكترونات هذه الطبقة هى التى تحدد الخواصالكيمائيةوالطبيعيةللمادة ، وهى تسمى « **الالكترونات المتحفزة او المستعدة** » ، فهى دائما فى حالة استعداد وتحفزللتفاعلات الكيمائية والتوصيل الكهربى كما ذكرنا

سابقا في تكوين الذرة . فعند اذابة كلوروالصوديوم (وهو الاسم الكيمائي لملح الطعام) في الماء فانه يتحلل الى أيون من الصوديوم موجبالتكهرب ، وأيون من الكلورين سالب التكهرب . والمعروف ان عدد الالكترونات المتحفزة في ذرةالكلورين هو سبعة في حين أن للذرة الصوديوم الكترون واحد متحفز . فعند اذابة كلورورالصوديوم في الماء فان الالكترون المتحفز الخاص بذرة الصوديوم يتركها ويلتحق بذرة الكلورينمكونا « ايون كلورين » سالب التكهرب يشتمل على ثمانية الكترونات في الطبقة الخارجية ويصيراكثر تماسكا ، كما تصبح ذرة الصوديوم « أيون صوديوم » موجب التكهرب خال من الالكترونالمتحفز الحائر . فعند اذابة مادة المحلول الكهربي المركبة الصلبة في الماء فانها تتحول الى أيوناتسالبة ، تماما كما يحدث لكلورو الصوديوم الذي سبق شرحه ، وقد يكون هذا التحليل كليا اوجزئيا ، اى ان المحلول الكهربي ما هو الا سائل يحتوي على أيونات موجبة التكهرب وأيوناتسالبة التكهرب ، فهو وسط كهربي ذو توصيل أيوني .

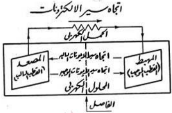
ان جزيء كلورور الصوديوم (مثلا) فيحالته البلورية الصلبة يتكون في الحقيقة من أيون صوديوم موجب التكهرب وأيون كلورين سالبالتكهرب ، وذلك حتى يكون الجزيء متماسكا تماسكا شديدا نتيجة لقوة التجاذب الكهربية بينالايونين . فاذا وضع كلورور الصوديوم في الماء فانه يتعرض للمجال الكهربي لجزيئات الماء ، ذلكلان جزيء الماء جزيء مستقطب ، بمعنى ان مركز ثقل شحنته الموجبة لا ينطبق على مركز ثقلشحنته السالبة بل يبعد عنه ، فتوجد اذن قوة كهربية بين الشحنتين ، وتحاول هذه القوةالكهربية ان تتغلب على قوة التجاذب بين أيون الصوديوم الموجب وأيون الكلورين السالب ، وتحاول ان تبعدهما عن بعضهما فيتفكك رباط التماسك وتزداد المسافة بينهما ويذوب بعضكلورور الصوديوم في الماء وهو في شكل أيونات صوديوم موجبة التكهرب وأيونات كلورين سالبةالتكهرب ـ ويحوط أيونات الصوديوم الموجبة التكهربجزيئات الماء المستقطبةوشحنتها السالبةمتجهة نحو أيونات الصوديوم (نتيجة للتجاذب الكهربي) كما يحوط أيونات الكلورين السالبةالتكهرب جزيئات الماء المستقطبة وشحنتها الموجبة متجهة نحو أيونات الكلورين ، ويسبح الجميع فيالمحلول .

اما التفاعل الكيمائي فهو ضم ذرات منبعض المواد او تفرقة ذرات منها بحيث لايعتري الذرات اى تغيير في شخصيتها اثناء الانضمام اوالتفرقة ، وينتج من هذا التفاعل الكيمائي جزيئات تختلف عن الجزيئات الداخلة فيه ـ فمثلا عندتفاعل الكربون مع الاكسجين تنضم ذرة من الكربون مع ذرتين من الاكسجين (اى مع جزيءمن الاكسجين) وينتج من هذا الانضمام (او التفاعل) جزيء من ثاني اكسيد الكربون (هوعبارة عن ذرة من الكربون وذرتين من الاكسجين) قد يكون التفاعل الكيمائي مصحوبا باطلاق طاقةاو مصحوبا بامتصاص للطاقة ، وذلك تبعا لنوع التفاعل ، وقد تكون الطاقة حرارية وقد تكونكهربية ، والسؤال الآن هو : من اين تأتي هذه الطاقة ؟ انها تأتي على حساب الكتلة ، فكتلةالمواد المتفاعلة تختلف عن كتلة المواد الناتجة من التفاعل ـ فاذا كان التفاعل الكيمائيمصحوبا باطلاق طاقة فان كتلة المواد الناتجة من التفاعل ، وقد تكون الطاقة حرارية وقد تكونان هذا الاختلاف في الكتلة هو اختلاف طفيف ، حتى انه يمكننا القول ان لاتغيير في كتلة الموادالمتفاعلة من الناحية العملية الهندسية . ان

الكتلة والطاقة تعبيران عن شيء واحد ، فالكتلة هي طاقة مركزة والطاقة هى كتلة طليقة ـ وفى هذا يتشابه التفاعل الكيمائى مع التفاعل النووى، ولكن هناك فرقا اساسيا هو ان ذرات المادة فى التفاعل الكيمائى لايعتريها اى تغيير ، فهي تحتفظ بشخصيتها ولا تتاثر نواتها اطلاقا ، فالذرة تدخل التفاعل الكيمائى ككل وتخرج ككل ، اى تدخل ذرة كاملة وتخرج ذرة كاملة ، والتاثير الوحيد الذى يتركه التفاعل الكيمائى هو توزيع او تبادل الالكترونات المستعدة بين الذرات والجزيئات الداخلة فى التفاعل ـ اما فى التفاعل النووى فان نواة المادة تتاثر بالتفاعل ، كما ان التغيير فى كتلة المواد المتفاعلة هو تغيير ملحوظ وكبير ، ذلك لأن الطاقة الناتجة من التفاعل النووى كبيرة لدرجة مذهلة ، فالجرام الواحد من المادة يساوى طاقة كهربية مقدارها ٢٥ مليون كيلو وات ساعة .

ان الطاقة المصاحبة للتفاعل الكيمائى هى الفرق بين طاقة التماسك بين الجزيئات قبل التفاعل ، وطاقة التماسك بين الجزيئات الناتجة من التفاعل ـ وهذا التماسك ناتج من قوى الجذب الكهربية والمغناطيسية بين الكترونات ونووات جزيئات المادة . ومن الحقائق المعروفة ان للالكترونات فى اى نظام ذرى (اى مجموعة من الذرات) او جزيئى (اى مجموعة من الجزيئات) طاقة ، وتتوقف هذه الطاقة الداخلية على مقدار حركة الالكترونات وعلى المستوى الطاقى الذى تسير فيه (ذلك لان هذه الطاقة ليست انسيابية بل هي متقطعة تقفز من مقدار الى مقدار فهي ذات مستويات محددة) ـ فالالكترونات المتبادلة اثناء التفاعل الكيمائى) لها مستويات طاقات معينة محددة ، وهي فى الجزيئات قبل التفاعل الكيمائى ولها مستويات طاقات اخرى ؛ وهى فى الجزئيات الجديدة بعد التفاعل ، والفرق بين هذا وذاك هو الطاقة التي تصحب التفاعل الكيمائى ، فاذا علمنا ان الكتلة الفعالة للالكترون تختلف تبعا لمستواها الطاقى تبين لنا ان كتلة المواد الناتجة من التفاعل سوف تختلف عن كتلة المواد الداخلة فيه ، وواضح ان هذا التغيير طفيف جدا ، فهو تغيير فى الكتل الفعالة للالكترونات المتبادلة اثناء التفاعل .

نعود ثانية الى تكوين وحدة البطارية (الخلية) ـ تتكون هذه الخلية من اربعة اجزاء هى المصعد ، والمهبط ، والمحلول الكهربى ثم الفاصل (شكل ٧) ـ فالمصعد ـ هو قطب البطارية السالب ، انه الوقود الكيمائى ، حيث تنطلق منه الالكترونات بسهولة (وهى غاز التشغيل) الى دائرة الحمل الخارجية ، وهو يعمل كيمائيا كعامل اختزال بمعنى انه يقوم باختزال الايونات السالبة التكهرب الاتية اليه عن طريق المحلول الكهربى ويتاكسد (اى يحترق) هو نتيجة لذلك ، وعندما تنطلق الالكترونات من المصعد تصبح بعض ذراته ايونات موجبة التكهرب . اما « المهبط » فهو قطب البطارية الموجب حيث يستقبل الالكترونات بسهولة من دائرة الحمل الخارجية ، فهو يعمل كيمائيا كعامل مؤكسد بمعنى انه يقوم باكسدة جزيئات الماء بالاستعانة بالالكترونات مكونا ايونات « الهيدروكسيد » السالبة التكهرب والتى سوف تحرق الوقود ، ويختزل نتيجة لذلك . اما **المحلول الكهربى** فهو الوسط الذى تنتقل فيه الايونات ، فالايونات الموجبة تنتقل من المصعد الى المهبط وتتفاعل كيمائيا مع مادته والايونات السالبة تنتقل من المهبط الى المصعد وتتفاعل مع مادته . وقد يكون المحلول الكهربى قلويا وقد يكون حمضيا . اما « الفاصل » فهو مادة عازلة ، غير قابلة للتفاعلات الكيمائية (وهى ذات مسام) ، لتفصل المهبط عن المصعد .



شكل ٧

الكونات الاساسية لوحدة البطارية ـ مبينا عليها اتجاه سير الالكترونات والايونات اثناء التفريغ (اى اثناء استهلاك الطاقة الكهربية) .

نختار مادة المصعد بحيث تحتوى طبقتها الاخيرة على الكترون واحد (او الكترونين او ثلاثة) حتى يسهل انطلاق الالكترونات منها بسهولة ـ وحيث ان اغلب العناصر المعدنية يتوفر فيها هذا الشرط نجد ان مواد المصعد المستخدمة في البطاريات هي مواد معدنية وهي : الصوديوم (الكترون واحد متحفز) ، المنجنيز (الكترونان متحفزان) ، المجنزيوم (الكترونان متحفزان) ، الحديد (الكترونان متحفزان) ، والزنك (الكترونان متحفزان) ، الالومنيوم (ثلاثة الكترونات متحفزة) ، الكادميوم (ثلاثة الكترونات متحفزة) ، الانديوم (ثلاثة الكترونات متحفزة) ، الرصاص . كذلك يصلح غاز الايدروجين كمادة للمصعد ، ذلك لان الايدروجين يحتوى على طبقة واحدة بها الكترون واحد ، يستخدم الايدروجين كمادة للمصعد في بطاريات الوقود .

كما نختار مادة المهبط بحيث ينقصها الكترون واحد او الكترونان (تبعا لما هو متحفز في مادة المصعد) لكى تصبح اكثر تماسكا ـ ان اغلب مواد المهبط هي اكسيد المعادن او ثاني اكسيد المعادن او كلوريد المعادن ، ومن امثلتها : اكسيد الفضة ، اكسيد الزئبق ، اكسيد النحاس ، اكسيد البزموت ، ثم ثاني اكسيد الرصاص ، ثاني اكسيد المنجنيز ، ثاني اكسيد النيكل ، ثم كلوريد الفضة ، كلوريد النحاس . كذلك تصلح جزيئات الاكسجين كمادة للمهبط كما هو الحال في بطاريات الوقود .

اما المادة المركبة التي يتكون منها المحلول الكهربي فيجب ان يتوافر فيها شرطان اساسيان

عند اختيارها : الشرط الاول انه يسهل تأينها اذا اذيبت في الماء ، وبناء على ذلك يجب ان تكون من مركب يشتمل على ذرة عنصر معدني (او ذرة ايدروجين) وجزيء عنصر آخر (او عنصرين آخرين) بحيث تحتوي الطبقة الاخيرة (طبقة الالكترونات المستعدة) لذرة العنصر المعدني على الكترون متحفز حائر (او على اثنين او ثلاثة) بحيث ينقص الجزيء الكترونا واحدا (او اثنين او ثلاثة على الترتيب) حتى يصبح اكثر تماسكا ـ ومن امثلة ذلك هيدروكسيد البوتاسيوم وهيدروكسيد الصوديوم ، بروميد المجنزيوم ، حامض الكبريتيك المخفف وغير ذلك . فعند اضافة الماء الى هيدروكسيد البوتاسيوم يتحلل الى ايون بوتاسيوم موجب التكهرب (هو عبارة عن ذرة البوتاسيوم وقد فقدت الكترونها المتحفز الحائر) وايون هيدروكسيد سالب التكهرب (هو عبارة عن جزيء الهيدروكسيد وقد انضم اليه الالكترون الحائر واصبح اكثر تماسكا) ـ وبالمثل يتحلل هيدروكسيد الصوديوم الى ايون صوديوم موجب التكهرب وايون هيدروكسيد سالب التكهرب ـ اما بروميد المجنزيوم فانه يتحلل الى ايون مجنزيوم موجب التكهرب (هو عبارة عن ذرة المجنزيوم وقد فقدت الكترونيها المتحفزين الحائرين) وايون بروميد سالب التكهرب (وهو عبارة عن جزيء البروميد الذي يتكون من ذرتين من عنصر البروميد وقد انضم الى كل ذرة الكترون) ـ ينقص ابعد طبقة مساعدة لذرة البروميد الكترون واحد لكي تصبح كاملة العدد ـ اما حامض الكبريتيك فهو يتحلل الى ايون ايدروجين موجب التكهرب (هو في الحقيقة ذرتا ايدروجين فقد كل منهما الكترونا) وايون كبريتات سالب التكهرب (اي جزيء كبريتات وقد انضم اليه الالكترونان) .

اما الشرط الثاني فيجب ان يكون هناك توافق بين مادة المحلول الكهربي وبين مادتي المصعد والمهبط اللذين سيتزاوجان لانتاج وحدة بطارية

• • •

وفيما يلي شرح مبسط لكيفية اداء احد البطاريات الابتدائية ذات المحلول السائل ولتكن بطارية « الزنك واكسيد النحاسيك » ـ ويمكن تطبيق نفس الشرح على اى نوع من انواع البطاريات ابتدائية كانت ام ثانوية .

تتكون هذه البطارية من مصعد من الزنك (هو الوقود الكيمائي) ومهبط من اكسيد النحاسيك (وهو المادة التي سوف تحرق الوقود اى انه مادة الاحراق ، وهو جزيء يشتمل على ذرة نحاس وذرة اكسجين) ومحلول كهربي من الصودا الكاوية (اى هيدروكسيد الصوديوم) .

عند اذابة الصودا الكاوية في الماء تتحلل الى ايون هيدروكسيد سالب التكهرب وايون صوديوم موجب التكهرب كما ذكرنا سابقا ـ وحيث ان مصعد الزنك مبلل بالمحلول الكهربي وان الزنك يسهل تحليله (كما ذكرنا سابقا ايضا) الى ايون زنك موجب التكهرب والكترون (سالب التكهرب) فيتحد ايون الهيدروكسيد السالب التكهرب مع ايون الزنك الموجب التكهرب (ويكونان جزيئا من هيدروكسيد الزنك المتعادل كهربيا) ويخرج الكترون الى دائرة الحمل الخارجية ، ومعنى ذلك ان الزنك قد احترق واطلق غازا الكترونيا نتيجة لذلك الاحتراق . اما

المهبط وهو اكسيد النحاسيك فانه يستقبل الالكترون الآتي اليه من دائرة الحمل فيسهل اتحاده مع الماء الموجود بالمحلول الكهربى ، فيتحد جزيئان من اكسيد النحاسيك مع جزيء من الماء حيث يتكون جزيء من اكسيد النحاسوز (وهو يشتمل على ذرة اكسجين وجزيء نحاس به ذرتان) وايونان هيدروكسيد يتجهان نحو المصعد ليحرقانه .

يتبين مما تقدم ان المصعد (وهو قطب البطارية السالب) تنطلق منه الالكترونات (اى غاز التشغيل) الى دائرة الحمل الخارجية وانه قد تأكسد (اى احترق) ـ اما المهبط فقد استقبل الالكترونات الآتية اليه من الحمل واختزل هو من اكسيد النحاسيك الى اكسيد النحاسوز ـ كما يتبين ان التيار الكهربى فى دائرة الحمل الخارجية يتكون من الكترونات فى حين ان التيار داخل المحلول الكهربى هو تيار ايونى يتكون من ايونات . كما يتبين ايضا ان مادة المصعد تتحول تدريجيا من الزنك الى هيدروكسيد الزنك (الذى يذوب فى الماء) وان مادة المهبط تتحول تدريجيا من اكسيد النحاسيك الى اكسيد النحاسوز (وهذا الاخير يتحول الى نحاس) ، ويستمر هذا التحول حتى لا تستطيع البطارية انتاج طاقة كهربية (الا قليلا جدا) فينتهى عمرها .

تقدر سعة البطارية عموما بعدد « الامبير ساعة » او عدد « الوات ساعة » التى تسحب من البطارية اثناء تفريغها ، وتعتمد السعة على حجم البطارية وعلى معدل سحب الكهرباء منها ـ فاذا زاد حجم البطارية زادت سعتها ـ واذا قل معدل سحب الكهرباء منها زادت سعتها ايضا ، والزيادة الاخيرة ناتجة من زيادة كفاءة تحويل الطاقة من كيميائية الى كهربية .

تنقسم البطاريات الابتدائية الى انواع مختلفة اهمها البطاريات الجافة والبطاريات ذات المحلول الكهربى الصلب ، والبطاريات ذات المحلول الكهربى السائل .

وفيما يلى شرح مبسط للبطاريات الثانوية :

يشبه اداء البطاريات الثانوية الى حد كبير اداء البطاريات الابتدائية ، ولكن هناك تحديدا ادق لمادة المصعد ولمادة المهبط ، ذلك لأن التفاعل الكيمائى عندهما يجب ان يكون قابلا للانعكاس ـ فالتفاعل الكيمائى الذى يحدث لمادتى المصعد والمهبط عند سحب **الطاقة الكهربية** من البطارية يمكن ان يحدث عكسيا عند شحن البطارية ، اى عند امرار تيار كهربى فيها فى عكس اتجاه السحب ، ونتيجة لهذا التفاعل العكسى تسترجع مواد المصعد والمهبط حالتهما الاولى قبل سحب الطاقة الكهربية .

المواد التى تصلح للمصعد والمهبط هى الى حد محدودة فهى : الرصاص والحديد والزنك والكادميوم للمصعد ، وثانى اكسيد الرصاص وثانى اكسيد النيكل واكسيد الفضة للمهبط .

تستخدم البطاريات الثانوية فى تطبيقات متعددة واسعة النطاق ، فمنها ما يتطلب قدرة كهربية تقدر بآلاف الكيلو وات (لامداد الغواصات بالكهرباء) ومنها ما يستلزم بضع اجزاء من الالف من الوات فقط .

هناك خمسة انواع من البطاريات الثانوية هى : بطاريات الرصاص الحمضية وهى اهمها واكثرها استعمالا ، وبطاريات النيكل والحديد القلوية ، وبطاريات النيكل والكادميوم ، وبطاريات الزنك واكسيد الفضة ، ثم بطاريات الكادميوم واكسيد الفضة .

بعض تفصيلات عن بطاريات الوقود :

بعد هذه المقدمة عن البطاريات الكهربيةالتقليدية نعود الى الموضوع الرئيسي وهو بطاريات الوقود : بطاريات الوقود هي معداتلتحويل الطاقة الكيمائية الى طاقة كهربية (ذات تيار مستمر عن طريق التفاعلات الكيمائية ، والتىهى تفاعل اكسدة عند المهبط (اى القطب الموجب) وتفاعل اختزال اى احتراق الوقود عند المصعد(اى القطب السالب) ـ وتعتبر هذه البطاريات بطاريات ابتدائية ولكنها تختلف عن البطارياتالتقليدية فى ان المواد الكيمائية اللازمة للتفاعلات ليست هى اقطاب البطارية ذاتها كما فى البطارياتالتقليدية ، وانما تتدفق هذه المواد الكيمائية الى البطارية من مصدر خارجى عن طريق انابيبتوصيل بمعدل يتناسب مع معدل سحب الطاقة الكهربية من البطارية ، حيث يحدث التفاعلالكيمائى عند قطبين منفصلين لا شأن لهما بالتفاعلات الكيمائية ـ فبطاريات الوقود هىمعدات حقيقية لتحويل الطاقة وليست معدات لخزن الطاقة الكيمائية فقط كما فى البطارياتالتقليدية .

هنالك نظامان من بطاريات الوقود :

(النظام الاول) وفيه يستعمل الوقودالكربونى ، وهدف هذا النظام هو استخدام طاقة الكربون بأعلى كفاءة ممكنة ، حيث يحول الكربونأولا الى غاز اول اكسيد الكربون او الى الغاز المائى ، ثم يضغط ليندفق نحو قطب البطاريةالسالب ، وفى نفس الوقت يضغط غاز الاحراق (الاوكسجين أو الهواء) ليندفق نحو قطب البطارية الموجب ـ أن نتيجة التفاعل الكيمائى النهائية هي اتحاد أول اكسيد الكربون معالاوكسجين ، فيتكون ثانى اكسيد الكربون (وهو العادم) ، ومعنى ذلك احتراق الوقود الكيمائىليتحول الى رماد .

اما فى **(النظام الثانى) :** يستخدم غازالايدروجين كوقود ، ونتيجة التفاعل الكيمائى النهائية هى اتحاد جزيئات الايدروجينمعجزيئاتالاكسجين فتتكون جزيئات من الماء .

كما يمكن تقسيم بطاريات الوقود الى ثلاثةانواع تبعا لحالة المحلول الكهربى . النوع الاول وفيه المحلول الكهربى سائل ، والنوع الثانىمحلوله الكهربى عجينه (اى شبه صلب) ، اما فى النوع الثالث فالمحلول الكهربى صلب .

النوع الاول : يستخدمعادة غاز الايدروجين كوقود ـ كما يستخدم الاكسجين او الهواء كغاز للاحراق (اى الغاز الذى سوف يتسبب فىاحتراق الوقود) ـ اما المحلول الكهربى السائل فهو فى العادة قلوى مثل الصودا الكاوية(هيدرو كسيد البوتاسيوم) ومثل هيدرو كسيد الصوديوم ـ كما تصنع الاقطاب بحيث تسمحلغازات الوقود وغازات الاحراقبالانتشار خلالها ، حتى تتفاعل الغازات مع المحلول الكهربى السائلويحدث التفاعل الكيمائى ـ فهى تصنع من حبيبات أو مسحوق من مادة معدنية ، أو من مادةمعدنية مثل النيكل او الفضة مثقبة ذات مسام اى بثقوب قطر اى منها حوالى جزئين من الالف منالمليمتر ، او من كربون مثقب ـ ومعنى ذلك انه لا بد ان تكون هنالك منطقة كبيرة على سطح (وفىداخل جسم) القطب تتفاعل فيها الغازات مع المحلول الكهربى (شكل ٨) . كما يستحسن انتتدفق الغازات وهى تحت ضغط ، حتى تمنع المحلول الكهربى من سد المسام (الثقوب) .



شكل ٨

انتشار الغازات خلال مادة الاقطاب المثقبة .

ولا يفضل استخدام الوقود الكربوني (كغازاول اكسيد الكربون مثلا) والسبب في ذلك هو ان ثاني اكسيد الكربون الناتج من احتراق الوقودســوف يتفاعل مع المحلول الكهربي الســائل ، فيستهلك المحلول الكهربي ، هذا بالاضافة الى انسداد مسام الاقطاب باملاح الكربونات .

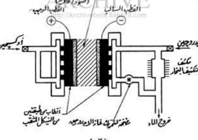
وتتم التفاعلات الكيمائية في هذا النوع من البطاريات كما يأتي :

اولا ــ التفاعلات عند قطب البطاريةالسالب(المصعد) : تتحلل جزيئات الايدروجين (وهـو الوقود) الى ذرات الايدروجين ، ثم يحترق هذاالوقود باتحاده مع أيونات الهيدروكسيد الســالبة التكهرب والاتية اليه من القطب الموجب عن طريقالمحلول الكهربي ، ونتيجة هذا الاحتـراق هـو انطلاق الالكترونات (وهي غاز التشـغيل) الىالمحل الكهربي خارج البطارية ، حيث يعمل هذا الغاز الالكتروني شغلا كهربيا هو الطاقة الكهربيةالمفيدة ، كما ينتج من هذا الاحتراق جزيئات من بخار الماء .

ثانيا – التفاعلات عند قطب البطارية الموجب (المهبط) : تتحد الالكترونات (الآتية من الحمل الكهربي بعد تأديتها الشغل الكهربي المفيد) مع الاوكسجين (وهو غاز الاحراق ، ومع جزيئات الماء فتتكون أيونات سالبة التكهرب من الهيدروكسيد أساسا .

وهناك أنواع متعددة من بطاريات الوقود ذات المحلول الكهربي السائل وشكل (٩) يبين أحد هذه الانواع وفيه الاقطاب مصنوعة من النيكل المثقب وهي رقيقة السمك ، اذ يبلغ سمكها حوالي مليمتر ، وهي تتكون من طبقتين تختلفان عن بعضهما في مقدار أقطاب التثقيب ، فالطبقة التي تواجه الغازات يبلغ قطر التثقيب بها حوالي ثلاثة أجزاء من المائة من المليمتر ، في حين أنه نصف ذلك في الطبقة التي تواجه المحلول الكهربي السائل ، وهو يتكون من الصودا الكاوية والتي يبلغ تركيزها حوالي ٢٥ ٪ – كما ان البطارية مجهزة بمكثف لتكثيف بخار الماء الناتج من التفاعل الكيمائي عند قطب البطارية السالب – كما يوجد مضخة لتحريك غاز الايدروجين .

تتكون بطاريات الوقود ذات المحلول الكهربي السائل من عدد من الوحدات (الخلايا) قد يصل الى الالف ، كما تنتج هذه البطاريات قدرة كهربية قد تصل الى عشرات الكيلو وات – وهي تعمل عند



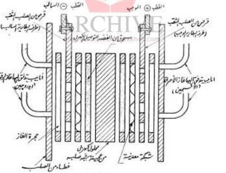
شكل ٩

بطارية وقود ذات محلول كهربي سائل .

درجات حرارة اقل من مائة درجة مئوية وذلك لان غاز الايدروجين يتفاعل سريعا حتى عند درجات الحرارة المنخفضة ـ كما تعمل عند ضغوط معتدلة ، الا ان بعضها يعمل عند درجات من الحرارة قد تصل الى ٢٠٠ درجة مئوية واكثر ، وغازات تحت ضغوط قد تصل الى خمسين ضغط جوى وذلك للحصول على مقادير اكبر من الطاقة الكهربية لنفس الاحجام والاوزان .

النوع الثاني :

يختلف هذا النوع عن النوع السابق الذكر فى ان المحلول الكهربى عجينة شبه صلبة من اكسيد المنجنيز وكربونات البوتاسيوم وكربونات الليثيوم ـ كما ان سطح الاقطاب مكونة من مسحوق الحديد او النيكل فى حالة قطب غاز الايدروجين (القطب السالب) وقد يكون من مسحوق الفضة فى حالة قطب غاز الاكسجين (القطب الموجب) ـ كما تجهز بطاريات هذا النوع عادة بشبكات معدنية لتمكن الاقطاب من الضغط على المحلول الكهربى ـ وشكل (١٠) يبين احدى هذه البطاريات .



شكل ١٠

بطارية وقود ذات محلول كهربى شبه صلب .

تعمل هذه البطاريات عند درجات الحرارة المرتفعة نسبيا (بين ٥٠٠ ، ٨٠٠ درجة مئوية) فهي اذن لا تتطلب غاز ايدروجين نقى كما هـو الحال فى النوع الاول ـ كما يمكن استخدام غاز اول اكسيد الكربون والغاز الطبيعى كغازات وقود ، والسبب فى ذلك هو امكان الحصول على تيار كهربى كبير المقدار باستخدام هذا الوقود الكربونى عند درجات الحرارة العالية .

تتلخص صناعة هذا النوع من البطاريات فى عمل الاقطاب من حبيبات من مادة معدنية تضغط على القرص الذى يحتوى على عجينة المحلول الكهربى ، وتوضع جميعها فى وعاء محكم الغلق ومجهز بأنابيب تسمح بمرور غاز الوقود وغاز الاحراق ولا تسمح بخلطهما .

النوع الثالث :

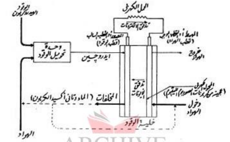
يعتمد عمل البطاريات ذات المحلول الكهربى الصلب على الخاصية الآتية :

اذا رفعت درجة حرارة بعض المواد الصلبة الى حوالى ١٠٠٠ درجة مئوية فان ايوناتها تصبح قابلة للحركة وتتحرك خلال المادة الصلبة ، ومن امثلة هذه المواد « اكسيد الزركونيوم » يستخدم غاز الايدروجين فى هـذا النوع من البطاريات كوقود ، كما يستخدم غاز الاكسجين كمادة احراق .

ولا يفوتنا ان نشرح هنا باختصار بطاريات الوقود الهيدروكربوني والتى تعمل (بالجازولين والكيروسين ووقود الديزل) مع الهواء والتى سوف يكون المستقبل لها نظرا لتشغيلها بوقود رخيص شائع الاستعمال . هناك نظامان من هذه البطاريات : النظام الاول وهو الاكثر شيوعا وتقدما هو نظام الاحتراق غير المباشر ، اما الثاني فهو نظام الاحتراق المباشر ـ ففي النظام الاول يتحول الوقود الهيدروكربوني قبل احتراقه الى ايدروجين(تختلف درجة نقاوته تبعا لنوع البطارية) ثم يحترق هذا الايدروجين عند قطب البطارية السالب أو المصعد (وهو قطب الوقود) فتنطلق الالكترونات (وهى غاز التشغيل) الى الحمل الكهربى خارج البطارية ـ شكل (١١) ـ وعند قطب البطارية السالب او المهبط (وهو قطب الهواء) تتحد الالكترونات (الواردة من الحمل الكهربى) مع اوكسجين الهواء مكونة فى النهاية جزيئات من الماء تعمل هذه البطاريات بين ٦٠ الى ١٠٠٠ درجة مئوية .

اما فى نظام الاحتراق غير المباشر يتفاعل الوقود الهيدروكربونى مباشرة عند القطب السالب حيث يحترق مطلقا الالكترونات الى الحمل الكهربى الخارجى ، ولتكمل الدائرة الكهربية كما فى النظام السابق .

كما لا يفوتنا ان نقارن بين انواع الوقود المختلفة وهى « الايدروجين » ثم الوقود الوسط واخيرا « الوقود الهيدروكربونى » .



شكل ١١

المكونات الاساسية لوحدة البطارية التي تعمل بالوقود الهيدروكربوني والهواء ـ الضغط الكهربي الناتج هو فولت واحد تقريبا .

ان الايدروجين وقود بسيط (غير مركب) قوى التفاعل ، فكل ذرة منه تفقد الكترونا أثناء التفاعل عند قطب البطارية السالب ، وهذا يفسر كثافة التيار الكهربي العاليه التي يمكن الحصول عليها باستخدام الايدروجين كوقود ـ ولكن للايدروجين بعض العيوب أهمها ارتفاع ثمنه وصعوبة تخزينه . أما « الوقود الوسط » فهو متوسط التفاعل ، متوسط الثمن ، متوسط الطاقة ، ولا توجد صعوبة كبيرة في تداوله وخزنه ـ ومن امثلته « الامونيا » و « الكحول الميثيلي » .

لا شك ان المستقبل هو للوقود الهيدروكربوني وخاصة السائل منه ، وذلك بالرغم من انخفاض درجة تفاعله المركب ، نظرا لشيوع تداوله ورخصه .

ولا يفوتني ايضا ان اقارن بين الاكسجين والهواء كغازي احراق . ليس للاكسجين تاثير ضار على عمل البطارية ولا على المحلول الكهربي ولكنه مرتفع الثمن ، بالاضافة الى صعوبة نقله وكبر حجمه وثقل وزنه . اما الهواء فهو مادة احراق بلا ثمن ، الا ان له بعض الاضرار الناتجة من تواجد النتروجين وثاني اكسيد الكربون ؛ فالاول قد يملأ مسام مادة المهبط فيقلل من وصول الاكسجين اليها بالاضافة الى انه قد يحمل معه (اثناء مروره في المحلول الكهربي السائل) بخار الماء مما يؤثر على عمل البطارية ـ اما ثاني اكسيد الكربون فله تاثير ضار على المحاليل

الكهربية القلوية وذلك بتفاعله معها ككل او بترسيبه المواد الصلبة على اقطاب البطارية ، وعلى ذلك يجب ازالة ثانى اكسيد الكربون من الهواء قبل استعماله ، او تغيير المحلول الكهربى بين آونة واخرى .

ان أيا من انواع البطاريات السابقة الذكر يجب ان يكون مجهزا باجهزة اوتوماتيكية لتنظيم كمية الغاز تبعا لكمية الكهرباء المطلوبة ، كما يجب ان يكون مجهزا بمعدات وقاية نتيجة لسوء التشغيل وذلك بتجهيزها بمعدات لتحديد درجة الحرارة وتحديد مقدار التيار الكهربى ومقدار الضغط الكهربى ــ كما يجب أن لا يتغير المحلول الكهربى بل يبقى بحالته وتكوينه سواء كان سائلا ام صلبا ام شبه صلب ــ وغير ذلك من التجهيزات .

ويمكنني ان اذكر بدون مبالغة ان بطاريات الوقود ذات السعة الكبيرة سوف تؤدى الى تغيير جذرى فى توزيع الشبكات الكهربية ــ والسبب فى ذلك ان كفاءة التحويل (فى بطاريات الوقود) كبيرة المقدار فهي تتراوح بين ٥٠٪ ، ٩٠٪ ولاتعتمد على حجم وسعة البطارية ، وهذا بخلاف المحطات التقليدية لتوليد الكهرباء حيث تزداد الكفاءة كلما زادت قدرة المحطة ، وهذا هو السبب الرئيسي فى انشاء المحطات التقليدية بقدرات تبلغ مئات الآلاف من الكيلووات وتوزيعها عن طريق الشبكات الكهربية ــ ان كل منزل وكل مصنع يمكنه ان يستقل استقلالا كاملا بما يحتاج اليه من الطاقة الكهربية ، وذلك باستعمال بطاريات الوقود وخاصة التى تعمل بالوقود الهيدروكربوني وبالهواء كمادة احراق .

حينما تكون الحاجة ماسة الى تيار كهربى كبير المقدار يبلغ الآلاف من الامبيرات وضغط كهربى صغير المقدار (عشرات من الفولتات مثلا) فبطاريات الوقود هي خير من يلبى النداء ، ومن امثلة ذلك الصناعات الكيمائية الكهربية مثل صناعة السماد حيث غاز الايدروجين (ولو انه غير نقى) وغاز اول اكسيد الكربون (ولو انه غير نقى ايضا) هما منتجات جانبية فى هذه الصناعات ، ويمكن استغلالهما كوقود للبطاريات ــ اما عند شركات تكرير البترول فان هذه الغازات متوفرة ويمكن استغلالها لنفس الغرض ــ وفى مصانع اللحام بالكهرباء سوف تاخذ بطاريات الوقود مكان الصدارة ، بدلا من وحدات « المحركات والمولدات » الكهربية المستخدمة حاليا ، فبطاريات الوقود سوف تزيد كفاءة العمل ، فهى تعمل فى هدوء وسكون .

اما فى التطبيقات العسكرية فبطاريات الوقود تمد أجهزة الرادار (فى الخطوط الامامية مثلا) بالطاقة الكهربية اللازمة لتشغيلها ، كما تمد بعض انواع الغواصات بالكهرباء .

كما تمد بطاريات الوقود السيارات بالطاقة الكهربية اللازمة لتسييرها .

ز ــ المعدات الكهربية الحديثة التي تعمل بالنظام الحرارى الكهربى .

المولدات الحرارية الكهربية هي الات حرارية ولكن غاز التشغيل فيها هو الالكترونات (وليس البخار او الهواء الساخن كما فى الالات الحرارية التقليدية) ، حيث تنتقل الطاقة الحرارية الى هذا الغاز الالكترونى عن طريق تبادل الطاقة بين الالكترونات والهيكل البلورى للمادة المستخدمة ، ثم تحويل طاقة الالكترونات هذه الى طاقة كهربية .

وحيث ان الفتـرة الزمنية اللازمـة لهذا التبادل هى حوالى جزء من مائة الف من المليون من الثانية ، فهي قصيـرة جـدا لا تكفى اطلاقا لتسرب الحرارة من الهيكل فيبقى ساخنا ، وهذا هو احد الاسباب الرئيسية التى تحد من درجة الحـرارة ، وبالتالى تحد من كفاءة هذه المعدات ان اقصى درجة حرارة تعمل بها المولدات الكهربية الحرارية حاليا هى حوالى ٦٠٠° مئوية .

ويتوقف عمل هذه المعدات على الظواهـر العملية التالية :

* عند وضع نقطة تلامس (تماس) طرفى سلكين معدنيين مختلفين عند درجة حرارة معينة، ووضع الطرفين الآخرين عند درجة اخـرى من الحرارة ، تتولد قـوة دافعة كهربيـة (ضـغط كهربى) فيمر تيار كهربى مسـتمر نتيجـة لهذا الضغط الكهربى ، ومعنى ذلك ان تدفق الطاقة الحرارية من النقطة السـاخنة الى النقطة الباردة يحمل معه شحنة كهربية . يتوقف مقدار الضغط الكهربى على الفرق بين درجتى الحرارة ، ويسمى الضغط الكهربى لكل درجة حرارة فرق بمعامل (سيبك) تبعا لاسم مكتشفة .

* اما اذا مر تيار كهربى عند نقطة تلامس معدنين مختلفين انطلقت طاقة حرارية أو امتصت طاقة حرارية تبعا لاتجاه سير التيار ، ويسـمى مقدار الطاقة لكل وحدة تيار (أثناء وحدة زمنية) « بمعامل بلتييه » تبعا لاسم مكتشفه، فكأن التيار الكهربى (اى الالكترونات المتدفقة) يحمل معه طاقة حرارية (من النقطة السـاخنة الى النقطة الباردة) ، ان «معامل بلتييه » يساوى « معامل سيبك » مضروبا فى درجة الحرارة المطلقة .

* وعندما يمر تيار كهربى فى مادة متجانسـة (سلك معدنى متجانس مثلا) ولكن درجة الحرارة مختلفة فى اتجاه طوله امتصت المادة طاقة حرارية اذا كان اتجاه التيار الكهـربى من النقطـة ذات درجة الحرارة الاقل الى النقطة ذات درجة الحرارة الاعلى والعكس صحيح ، اى انطلقت من المـادة طاقة حرارية اذا كان اتجاه التيار من النقطة ذات درجة الحرارة الأعلى الى النقطة ذات درجة الحرارة الاقل . تسمى كمية الطاقـة الحراريـة فى كلتا الحالتين « بحرارة تومسون » تبعا لإسم مكتشفها ـ وهى تتناسب مع مقدار التيار الكهربى ومـع الفرق بين درجتى الحرارة .

ان اكبر كفاءة امكن الحصول عليهـا حتى الآن باستخدام معدنى البيزموث والانتيمونى هى ٣٪ ، فى حين ان الكفاءة تصل الى ١٠٪ باستعمال المواد شبه الموصلة ، والسبب فى ذلك ان مقدار معامل سيبك فى المواد المعـدنية صغير ، فى حين ان المواد شبه الموصلة يمكن اختيارها وتطعيمها صناعيا بمواد اخرى حتى تصـبح ذات درجة توصيل كهربى كبيرة وذات معامل سيبك معقول المقدار ايضا .

ان المواد شبه الموصلة هي المواد الفعالة فى المولدات الحرارية وبناء على ذلك فسـوف نقدم فيما يلي اسس هذه المواد :

ان التقدم الكبير الذى احـرزته تكنولوجيا المواد شبه الموصلة لغرض صناعة الترانزسـتور وما سبقه من دراسات ضخمة لعنصرى الجرمانيوم والسيليكون (وهما من المواد شبه الموصلة يصنع

منهما الترانزستور الى وقتنا هذا) وما تبع ذلك من دراسات للمواد شبه الموصلة المركبة ، قد ادت جميعها الى التحسين والتقدم الكبير في معدات الانتاج الحرارية الكهربية الحديثة — ومع ان مادتي الجرمانيوم والسيليكون (اللذين يستخدمان في صناعة الترانزستور) لا يفيدان في المعدات الحرارية الكهربية نظرا لارتفاع ثمنهما وكذلك نظرا لانهما لا يتحملان درجات الحرارة العالية (والتي تقرب من درجة الاحمرار) بدون ان يفقدا خواصهما الكهربية ، الا اننا سوف نقدم شرحا مبسطا لهاتين المادتين نظرا لانهما اسهل شرحا من اي مواد شبه موصلة اخرى . ان المستعمل فعلا في المعدات الكهربية الحرارية هي « مركبات المواد شبه الموصلة » .

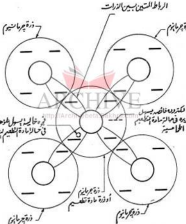
لقد ذكرنا سابقا ان الالكترونات المستعدة (او المتحفزة) وهي الالكترونات الخاصة بابعد طبقة من النواة هي التي تعين خواص المادة ، فاذا كانت طليقة من ذرتها تتحرك داخل المادة في سهولة ويسر فالمادة « معدنية » ذات درجة توصيل عالية للكهرباء ، اما اذا كانت الالكترونات المستعدة مقيدة الى ذرتها بقيد يصعب فكه فهي مادة « عازلة للكهرباء » ، اما المواد شبه الموصلة فهي بين حالتي المواد الموصلة والمواد العازلة .

ان عدد الالكترونات المتحفزة في اى من الجرمانيوم او السيليكون اربعة — فاذا تكونت بلورة من الجرمانيوم (وهي مجموعة كبيرة متناسقة هندسيا من ذرات الجرمانيوم) بحيث تكون الذرات فيها مرتبة كما في شكل (١٢) تصبح اى من الذرات وكأنها محاطة بثمانية الكترونات متحفزة . وهذا الوضع في التركيب يماثل تركيب ذرة الغاز الخامل (الكريبتون) والذى فيه الالكترونات المتحفزة شديدة التماسك بذرتها لدرجة يصعب معها فك هذا التماسك . ان سبب التماسك الشديد هو الرباط المتين بين ذرات الجرمانيوم والناتج من قوى الجذب الكهربية .
ان درجة التوصيل الكهربى للجرمانيوم في هذه الحالة (وهي تتناسب تناسبا طرديا مع عدد الالكترونات السهلة الحركة ، اى تتناسب تناسبا عكسيا مع درجة تماسك الالكترونات المتحفزة) صغيرة جدا ، فالجرمانيوم يعتبر مادة عازلة عند درجة الصفر المطلق ، اما عند درجة حرارة الجو العادية فان الطاقة الحرارية تكفى لفصل جزء صغير من الالكترونات المستعدة (بنسبة الكترون واحد في كل بليون ذرة) فتزداد درجة توصيله الكهربى قليلا ولكنها لا تزال صغيرة نسبيا . وما ذكرناه عن الجرمانيوم ينطبق على السيليكون .

كيف اذن يمكن زيادة درجة التوصيل الكهربى لهاتين المادتين ؟ يتاتى ذلك عن طريق التطعيم بمادة غريبة فتنتشر ذرات هذه المادة بين ذرات الجرمانيوم (او السيليكون) — ان مادة التطعيم هذه لها شروط معينة ، فالكتروناتها المتحفزة يجب ان تكون خمسة او ثلاثة — ومن امثلة المادة الاولى الفوسفور والارسنك والانتيمونى — عندما تطعم مادة الجرمانيوم باحد هذه المواد فان هيكلها يصبح وكأن به الكترون فائض غير ضرورى لتماسك الهيكل (شكل ١٢) — ان الطاقة اللازمة لفك (اى تحرير) هذا الالكترون من الهيكل هي طاقة صغيرة المقدار فهي جزء من المائة من الطاقة اللازمة لتحرير أحد الالكترونات المتحفزة في الجرمانيوم غير المطعم . تسمى مادة التطعيم في هذه الحالة « بالنافع » ويسمى نوع الجرمانيوم « بالجرمانيوم السالب » — وذلك لاحتوائه على الكترونات ضعيفة التماسك فيسهل نقلها داخل المادة من ذرة لاخرى وذلك عند درجة

حرارة الجو العادية ـ ومعنى ذلك أن الجرمانيوم المطعم يحتوى على عدد كبير نسبيا من الالكترونات سهلة الحركة اى انه ذو درجة توصيل كهربى كبيرة المقدار نسبيا .

ومن امثلة مادة التطعيم ذات الثلاثة الكترونات الالمنيوم والجاليوم والانديوم ـ يصبح هيكل الجرمانيوم المطعم باحد هذه المواد كانه ينقصه الكترون حتى يتم تماسك الهيكل على الوجه الاكمل ، اى كان بـه فجوة خالية هى مكان الكترون غير موجود (شكل ١٢) ، تسمى المادة



شكل ١٢

خمس ذرات من الجرمانيوم (عند درجة الصفر المطلق) ـ كل ذرة ممثلة بدائرة سميكه وحولها اربع شرط تمثل الاربعة الكترونات المتحلزه ، كما يبين الشكل الرباط المتين بين الذرات ـ يبين الشكل ايضا ذرة مادة تطعيم ذات خمسة الكترونات متحلزة (الجرمانيوم المطعم السالب) ، وكذلك ذرة مادة تطعيم ذات ثلاثة الكترونات متحلزة (الجرمانيوم المطعم الموجب) .

فى هذه الحالة « المتقبل » ويسمى نوع الجرمانيوم المطعم بها « الجرمانيوم الموجب » ــ ان الطاقة اللازمة لملء الفجوة هى طاقة صغيرة المقدار فهى جزء من المائة من الطاقة اللازمة لفك (اى تحرير) احد الالكترونات المتحفزة فى الجرمانيوم غير المطعم وبذلك يسهل ملء الفجوات ، فتظهر وكأن الفجوات تنتقل داخل المادة بسهولة ويسر ، وذلك عند درجة الحرارة العادية ويصبح الجرمانيوم ذى درجة توصيل كهربى كبيرة المقدار نسبيا .

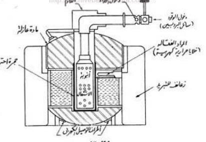
يتبين مما تقدم انه للحصول على درجة توصيل كهربى كبيرة المقدار يجب ان تكون نسبة مادة التطعيم كبيرة ، قد تصل الى ملايين من كمية التطعيم فى المواد المستخدمة فى صناعة الترانزستور ، حتى انه يمكن تسمية المواد المستخدمة فى المعدات الحرارية الكهربية انها سبائك « شبه معدنية » وليست « شبه موصلة » فهى اقرب للمواد المعدنية ، وبناء على ذلك فلا ضرورة لتنقية المواد شبه الموصلة قبل التطعيم لدرجة عالية من النقاوة كما هو الحال فى المواد المستخدمة فى الترانزستور (حيث تصل درجة نقاوتها ١٠ ١١ : ١) وبذلك فهى رخيصة الثمن نسبيا . واذا كان الامر كذلك فلماذا لا نزيد من تركيز مادة التطعيم ؟ الجواب على ذلك ان هناك خصائص اخرى مطلوبة تحد من هذه الزيادة اهمها معامل « سيبك » حيث يزداد مقدار هذا المعامل كلما قل تركيز التطعيم فقد يصل الى بضع اجزاء من الالف من الفولت لكل درجة حرارة (فرق) فى المواد ذات التطعيم القليل ، ولكن درجة التوصيل الكهربى فى هذه الحالة سوف تكون صغيرة المقدار فلا فائدة منها ، وعلى ذلك فاننا نجد ان هناك درجة تركيز تطعيم معينة تجعل كفاءة التحويل اكبر ما يمكن وهى بين ١٠ ١٨ الى ١٠ ٢١ لكل سنتيمتر مكعب ، وعند هذه الدرجة من التركيز يتراوح معامل « سيبك » بين ٢ر، ٣ر جزء من الالف من الفولت .

لقد بينت الأبحاث ان ارتفاع درجة حرارة المركبات شبه الموصلة (المستخدمة فى صناعة المعدات الحرارية الكهربية) لا تتلفها ولا تفقدها خواصها الكهربية كما يحدث لمادتى الجرمانيوم والسيليكون المستخدمين فى صناعة الترانزستور ، ذلك لان مادة التطعيم تعتبر مذابة فى محلول صلب مخفف من المادة المركبة شبه الموصلة ، مثلها فى ذلك كمثل مادة المحلول الكهربى الصلبة عند اذابتها فى الماء فى البطاريات السائلة . فعندما تتغير درجة الحرارة تتغير معها درجة الاذابة ، اى تتغير معها درجة تركيز حاملات الشحنات الكهربية ، ولكن سرعان ما تصل الى قيمة مستقرة عندما تستقر درجة الحرارة عند مقدار معين ، وبناء على ذلك فان ارتفاع درجة الحرارة لا يؤدى الى تلف المادة المركبة ، وانما يؤدى الى زيادة حاملات الشحنات الكهربية . يجدر بنا ان نكرر هنا انه كلما ارتفعت درجة الحرارة زادت كفاءة التحويل .

تتكون اذن وحدة المنتج الحرارى الكهربى من زوج حرارى ، احدى ساقيه مكونة من مادة مركبة شبه موصلة « موجبة » والساق الاخرى مكونة من نفس المادة شبه الموصلة ولكنها « سالبة » . ان المادة المركبة شبه الموصلة التى تصنع منها معدات الانتاج الحرارية الكهربية هى سبائك مركبة من مادتين او اكثر ، وحاليا هى « تليريد الرصاص » وهو مركب من التليريوم والرصاص ، وفى حالة النوع الموجب تطعم هذه المادة بمادة « الصوديوم » بنسبة ٢ر. فى المائة ، اما فى حالة النوع السالب فتطعم بمادة « ايودين الرصاص » بنسبة ٣.ر. فى المائة .

ويستعمل غاز البروبين او الغاز الطبيعي كمصدر للطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة نقط تلامس ساقي الازواج الحرارية ـ كما قد يستخدم التسخين الكهربي لنفس الغرض . هذا ويمكن استخدام طاقة الشمس الحرارية وخاصة عند الاستعمال في الاقمار الصناعية . وفيما يلي وصف لاحد معدات الانتاج الحرارية الكهربية الحديثة :

يبين شكل (١٢) منتجا حراريا كهربيا ذا قدرة متوسطة (حوالى ١٥ وات) يعمل باشعال غاز البروبين الطبيعي ـ يدخل غاز البروبين مع الهواء في انبوبة الاحتراق ـ ويوضع حول حجرة الاحتراق اطراف عدد كبير من الازواج الحرارية ، نصفها من مركب « تليريد الرصاص الموجب » والنصف الآخر من مركب « تليريد الرصاص السالب » حيث ان كل زوج يتكون من ساقين من مادتين مختلفتين هما تليريد الرصاص الموجب ، وتليريد الرصاص السالب ـ اما الاطراف الخارجية للازواج الحرارية فهي متصلة بزعانف للتبريد ، ويبلغ كفاءة التحويل في هذا المولد ٧٪ . كما ان هناك مولدات حرارية كهربية بنفس التكوين السابق وهي مكونة من حوالى ٣٠٠ زوج حرارى متصلة على التوالى ، وهى ذات قدرة كهربية حوالى ٣٠٠ وات وضغط كهربى عند التحميل حوالى ٣٠ فولت ؛ وان درجة حرارة النقط الساخنة حوالى ٦٠٠ درجة مئوية ودرجة حرارة النقط الباردة حوالى ١٥٠ درجة مئوية (تستخدم مراوح للتبريد تستهلك عشر القدرة الكهربية) ـ ويبلغ وزن الجهاز ومعداته اقل من ٤٠ رطلا . هذا ويمكن استخدام التسخين الكهربى بدلا من اشعال غاز البروبين ـ ويقدر عمر هذا الجهاز بين خمس الى عشر سنوات .

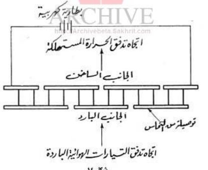


شكل ١٢

منتج حرارى كهربى يعمل بغاز البروبين .

ان اهم التطبيقات لمعدات الانتاج الحرارية الكهربية هو في الاقمار الصناعية لامداد اجهزة الارسال اللاسلكية بها بالطاقة الكهربية وفي المعدات الحربية ، كما ان هناك معدات انتاج كهربية حرارية تباع في الاسواق تتراوح سعتها بين جزء من الوات الى ١٠٠ وات بل والى ٥٠٠ وات — ويمكن القول ان معدات الانتاج الحرارية الكهربية تعتبر مصدرا هاما من مصادر الكهرباء وخاصة في الجهات النائية البعيدة عن العمران مثل اضاءة السواحل النائية لاغراض الملاحة وغير ذلك . وان سعر الكيلو وات ساعة من هذه المولدات هو سعر معتدل يقل كثيرا من السعر من البطاريات الكهربية التقليدية .

اود الا يفوتني عند ذكر المعدات الحرارية الكهربية ان اشرح **باختصار نظام التبريد الحراري** الكهربي . فالتبريد الحراري الكهربي عبارة عن ضخ حراري يعتمد على الظاهرة العلمية (معامل بلتييه) السابقة الذكر ، وهي استخدام الفرق بين مستوى طاقات الالكترونات عند تلامس مادتين مختلفتين لنقل الطاقة الحرارية ، فعندما تتدفق الالكترونات عند نقطة تلامس مادتين مختلفتين (اي مادتين الكتروناتها المتحفزة ذات طاقات مختلفة) يصحب ذلك تغيير في الطاقة ينتج عنه امتصاص للحرارة او انطلاق لها وذلك تبعا لاتجاه تدفق الالكترونات ، اي تبعا لاتجاه التيار الكهربي) .



شكل ١٤

رسم مبسط لوحدة تبريد حرارية كهربية .

شكل (١٤) يبين رسما مبسطا لوحدة تبريد حرارية كهربية وهو يتكون من عدد من الازواج الحرارية ، كل زوج يتكون من مادة مركبة شبه موصلة موجبة ، ومادة مركبة شبة موصلة سالبة متصلين بتوصيلة من النحاس ، وجميعها متصلة على التوالي ، ويتم تبادل الحرارة عن طريق أسطح ذات مساحات ممتدة مع استعمال التيارات الهوائية (او السوائل) لحمل الحرارة. ان مقدار التبريد الفعال يقل عن مقدار التبريد الناتج من معامل بلتيه بمقدار نصف الحرارة الناشئة من مرور التيار الكهربى فى المقاومة الكهربية لسيقان الازواج الحرارية وكذلك بمقدار الحرارة الناشئة من التوصيل الحرارى لهذه السيقان .

اما الطاقة الكهربية اللازمة للتشغيل فهى تساوى الضغط الكهربى الناتج من معامل سيبك مضروبا فى التيار الكهربى مضافا اليها الطاقة الحرارية الناتجة من مرور التيار الكهربى فى المقاومة الكهربية لسيقان الازواج .

ان درجة حرارة النقط الساخنة فى حالة التبريد الحرارى الكهربى هى غالبا درجة حرارة الجو العادية ، اما درجة حرارة النقط الباردة فقد تصل الى ٥٠ درجة مئوية تحت الصفر .

اما المواد المستخدمة لساقى اى زوج حرارى فاهمها « البيزموث تلوريد » ، النوع الموجب لاحد الساقين والنوع السالب للساق الاخرى .

وتحتاج معدات التبريد الكهربى الى منبع كهربى ذى تيار كبير المقدار (قد يصل الى ٥٠ امبير) وضغط كهربى صغير المقدار .

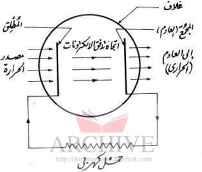
يمتاز التبريد الحرارى الكهربى عن التبريد التقليدى بمزايا متعددة نذكر منها : العمل فى هدوء حيث لا وجود للاجزاء المتحركة ، سهولة تحكمه من تسخين الى تبريد ، كما ان معداته خفيفة الوزن ويمكن ان تعمل عند درجات الحرارة المرتفعة (اعلى من مائة درجة مئوية) ولا داعى عند صناعتها لاستخدام الانابيب المحكمة الفلوذات الضغط ، كما ان سعة التبريد قد تكون كبيرة وقد تكون صغيرة فهى تناسب جميع الحالات ، وعيبه الوحيد انه يستهلك طاقة كهربية اكبر من الطاقة اللازمة للتبريد بالنظام التقليدى ، فهو اذن اكثر تكلفة .

• • •

ح ـ المعدات الكهربية التى تعمل بالنظام الحرارى الايونى :

المولدات الحرارية الايونية هى الات حرارية غاز التشغيل (اى الوقود) فيها هو الالكترونات، حيث تنتقل الطاقة الحرارية الى هذا الغاز الالكترونى عن طريق عملية التنشيط الحرارى (عند درجات الحرارة العالية) عند سطح المادة التى تنطلق منها الالكترونات ، وتنشا الطاقة الكهربية نتيجة لمرور هذا الغاز فى الحمل الكهربى. يبين شكل (١٥) المكونات الاساسية للمنتجات الكهربية التى تعمل بهذا النظام وهى :

اولا : مصدر الحرارة العالية : وهو قطب كهربى ذو درجة حرارة عالية حوالى (٢٠٠٠ درجة مئوية) تنطلق منه الالكترونات حاملة الحرارة معها ، ويسمى هذا القطب « المطلق » ، وهو عبارة عن معدن التانتيلم او الموليبدنم اوالتنجستون ـ قد يكون منبع الحرارة الوقود التقليدى او الوقود النووى أو الشمس .



شكل ١٥

المكونات الاساسية لانتاج الطاقة الكهربية بواسطة النظام الحرارى الايونى .

ثانيا : **العادم** وهو قطب ذو درجة حرارة منخفضة (حوالى ٥٠٠ درجة مئوية) ويسمى **المجمّع** فهو يجمع الالكترونات ويمتصها . وهو عادة من معدن الموليبدنم المطعم او التنجستون المطعم او النيوبيديم المطعم ايضا .

ويتوقف عمل محولات الطاقة التى تعمل بهذا النظام على عمليات التنشيط الحرارى والتى اهمها اطلاق الالكترونات خارج سطح المادة . ان الالكترونات المتحررة فى المواد المعدنية طليقة وفى حالة حركة عشوائية فى جميع الاتجاهات ، ويتوقف مقدار هذه الحركة على درجة حرارة المادة ، وتصبح ذرات المادة خالية من بعض الكتروناتها ، فهى ايونات موجبة التكهرب ، وبالرغم من ان هذا الغاز الالكترونى طليق وفى حالة حركة داخل المادة الا انه لايستطيع الانطلاق بعيدا خارج المادة ـ مثله فى ذلك كمثل جزيئات الماء وهو يغلى فلا يستطيع الصعود خارج الماء نظرا لوجود الشد السطحى (عند سطح الماء) فلكى تصعد جزيئات الماء الى الخارج يجب زيادة طاقتها (بتسخينها) حتى يمكن التغلب على هذا الشد السطحى ـ كذلك اذا اردنا ان ينطلق الغاز

الالكتروني خارج المادة يجب زيادة طاقته بمقدار يماثل الطاقة الكامنة عند ابخار الماء ، حتى يتغلب على ما سوف نسميه « الشد السطحي الكهربي » . وسببه القوى الكهربية بين الشحنات المتماثلة التكهرب وغير المتماثلة ــ فعندما يكون الالكترون خارج سطح المادة بمسافة اكبر من نصف قطر الذرة فان الايونات على سطح المادة تشده اليها (نتيجة لقوى التجاذب الكهربية بين الشحنات غير المتماثله) وتمنعه من الانطلاق بعيدا ــ كما تكوّن الالكترونات المنطلقة سحابة الكترونية فوق سطح المادة مباشرة تقلل من قوة اندفاع الكترونات اخرى تحاول الانطلاق خارج المادة ، وذلك نظرا لقوة التنافر الكهربية بين السحابة الالكترونية وهذه الالكترونات الاخرى وهي في طريقها الى الانطلاق ، اي ان هذه السحابة تحاول ان تدفع الالكترونات الى سطح المادة فكأنها تشد الالكترونات (عند انطلاقها) الى سطح المادة .

تنشأ الطاقة الكهربية في النظام الحراري الايوني من الفرق بين طاقة الشد السطحي الكهربي لمادة المطلق وطاقة الشد السطحي الكهربي لمادة المجمع . اما الطاقة الحرارية التي يستهلكها مصدر الحرارة العالية فهي تلك الطاقة اللازمة لاطلاق الالكترونات خارج المطلق ــ كما ان كفاءة التحويل تساوي الطاقة الكهربية الناتجة مقسوما على تلك الطاقة الحرارية .

بناء على ما تقدم يجب اختيار مادة المجمع بحيث يكون شدها السطحي أقل ما يمكن ــ اما مادة المطلق فيجب اختيارها بحيث يكون شدها السطحي كبيرا (بين اربعة الى ستة الكترون فولت) حتى تزداد الطاقة الكهربية ، ولكن في نفس الوقت يجب الا يكون شدها السطحي كبيرا جدا حتى لا يزداد مقدار الحرارة اللازمة وتقل الكفاءة .

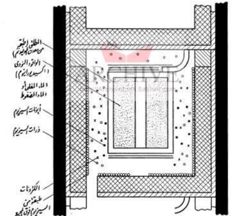
ان معدل انطلاق الالكترونات من سطح المادة يزداد مع ازدياد درجة الحرارة ، ولكن في نفس الوقت تتبخر المادة ويزداد معدل تبخر ذراتها مع ازدياد درجة الحرارة فيقل عمرها سريعا .

وهنا اتجه المهندسون والعلماء الى تطعيم مادة سطح المطلق بذرات مادة اخرى ذات شد سطحي قليل المقدار ، وبهذا يقل الشد السطحي الفعال للمادة الاصلية ، وذلك عن طريق لصق طبقة سمكها ذرة واحدة من المادة الغريبة فوق سطح المادة الاصلية . ان اكثر المواد صلاحية للتطعيم هو مادة « السيزيوم » نظرا لان شدها السطحي الكهربي هو اقل شد سطحي لاي مادة اخرى ويساوي الكترون فولت واحد . ولكن عندما ترتفع درجة حرارة سطح المطلق يتبخر جزء من ذرات ومن ايونات السيزيوم الملتصق على السطح وبذلك يوضع قليل من السيزيوم السائل عند ابرد جزء داخل الغلاف الذي يحتوي على المطلق والمجمع فيتبخر جزء من هذا السيزيوم ، وعندما يتبخر سطح المطلق فان بعض ذرات من بخار السيزيوم سوف تلتصق فوق سطح المهبط فتعوض ما فقد بالبخر ، وتبقى كمية ذرات السيزيوم الملتصقة فوق سطح المهبط ثابتة تقريبا .

يجب ان تكون مادة المطلق النقية (اي بدون تطعيم) ذات شد سطحي كهربي كبير القدار كما ذكرنا سابقا ، كما يجب ان تكون بعد التطعيم قادرة على اطلاق الالكترونات بمعدل كاف ، وكذلك اطلاق ايونات السيزيوم بمعدل كاف ايضا (حتى تتعادل مع جزء السحابة الالكترونية القريبة من سطح المهبط) عند درجات الحرارة المعقولة .

وبالرغم من أن كفاءة المعدات الكهربية التىتعمل بالنظام الحرارى الايونى لاتزيد عن حوالى ٢٠٪ الا انه يمكن الجمع بينه وبين نظام التربينات البخارية والحصول على طاقة كهربية كبيرة بكفاءة اعلى من كفاءة التربينات البخارية التى تعمل بالوقود النووى .

ويعتمد هذا النظام على الاستفادة من طاقةالمجمع (العادم) الحرارية فى انتاج البخار لتشغيل التربينات ـ وفى احد هذه الانظمة يغلف الوقود النووى (وهو عبارة عن قطع اسطوانية صغيرة من اكسيد اليورانيوم) بمعدن «الموليبدنم» أو معدن التنجستون) المغطى بطبقة من السيزيوم فيمتص الحرارة من الوقود النووى ويعمل كمطلق للالكترونات (شكل ١٦) .



شكل ١٦

نظام الجمع بين محولات الطاقة الحرارية الايونية والتربينات البخارية .

اما مادة المطلق فتصنع من « النيوبيديم » نظرا لضعف امتصاصه للنيوترونات ـ ويعزل المطلق كهربيا بمادة ذات توصيل جيد للحرارة حتى يمكن توصيل الطاقة الحرارية من المجمع (عند درجة حرارة حوالى ٥٠٠° مئوية) الى الماء فيتحول الى بخار لتشغيل التربينات البخارية .

وفى احد التصميمات المقترحة التى توضح مزايا هذا النظام يمكن زيادة قدرة المحطة النووية (التي يعمل فيها تربينات بخارية فقط) من حوالى نصف مليون كيلو وات الى اكثر من أربعة اخماس المليون من الكيلووات ورفع كفاءة التحويل من حوالى ٣٠٪ الى ما يقرب من ٤٥٪ وذلك باستخدام المحولات الحرارية الايونية التى تنتج قدرة مقدارها ٣٠ وات لكل سنتيمتر مربع من مساحة مادة المطلق بكفاءة تصل الى ٢٣٪ ، وباعتبار ان درجة حرارة كل من الوقود النووى والمطلق هى حوالى ٢٠٠٠ درجة مئوية .

• • •

ط ـ المعدات الضوئية الكهربية :

من الحقائق العلمية المعروفة ان الكترونات ذرات المادة يمكنها ان تمتص الطاقة الضوئية الساقطة عليها بشرط ان يكون هناك توافق بين طول موجة الاشعة الضوئية الساقطة وبين الالكترونات داخل المادة ، وسوف نوضح ذلك بالتشبيه بالبندول البسيط .

ان البندول البسيط هو كتلة صغيرة الحجم معلقة فى خيط ، فاذا زحزحنا الكتلة عن الوضع الرأسى (وضع الاتزان) فانها تتأرجح حول هذا الوضع بتردد يتناسب مع الجذر التربيعى للجاذبية الارضية مقسوما على طول الخيط ويسمى هذا بالتردد التلقائى للبندول فاذا نحن طرقنا هذه الكتلة بطرقات منتظمة متتالية ينتج عندنا ثلاث حالات :

(الحالة الاولى) عدد الطرقات فى الثانية يساوى التردد التلقائى للبندول : فى هذه الحالة يزداد مقدار زحزحة (تأرجح) الكتلة عن الوضع الرأسي زيادة كبيرة ، ومعنى ذلك ان الطاقة التي تبذل اثناء الطرق يمتصها البندول مسببة زيادة كبيرة فى مقدار زحزحة الكتلة .

(الحالة الثانية) عدد الطرقات فى الثانية اكبر بكثير من التردد التلقائى للبندول : فى هذه الحالة تقف الكتلة ولا تتحرك ، فالطرقات السريعة المتتالية لا تدع أمامها فرصة (وقت كاف) لكى تستمر فى تأرجحها واهتزازها ـ وبناء على ذلك فان البندول لا يمتص من طاقة الطرق شيئا تقريبا .

(الحالة الثالثة) عدد الطرقات فى الثانية اقل كثيرا من التردد التلقائى للبندول : فى هذه الحالة تكون الفترة الزمنية بين طرقتين متتاليتين طويلة بحيث يستمر البندول فى عمله وكان لا وجود (تقريبا) لاى طرق خارجي .

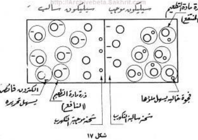
سوف نعتبر الالكترون داخل الذرة كانه بندول بسيط له تردد تلقائى معين يتوقف على مقدار طاقته داخل الذرة . ان للاشعة الضوئية اطوال موجات معينة (أى تردد معين) وذلك تبعا لنوع الاشعة (طول الموجة مضروبا فى التردد يساوى سرعة الضوء وهى كمية ثابتة تساوى ٣ × ١٠^٨ مترا فى الثانية) ، فاطوال موجات الاشعة الضوئية المرئية تتراوح بين ٠٫٧ ميكرون (وهو طول موجة الاشعة الحمراء) وبين ٠٫٤ ميكرون (وهو طول موجة الاشعة البنفسجية) ـ فاذا سقطت اشعة ضوئية ذات تردد معين على مادة ما وكان التردد التلقائى لالكترونات هذه

المادة يساوى تردد تلك الاشعة (او قريبا منها) ازداد اهتزاز الالكترونات ، ومعنى ذلك ان الالكترونات امتصت طاقة هذه الاشعة ، اما اذا كان تردد تلك الاشعة بعيدا من التردد التلقائى لالكترونات المادة فلا تستطيع الالكترونات ان تمتص طاقة الاشعة كما ذكرنا فى حالة البندول البسيط ، وهذا هو معنى التوافق بين الاشعة الساقطة وبين الالكترونات داخل المادة ـ (الميكرون هو وحدة قياس صغيرة ويساوى جزءا من الالف من المليمتر) .

فاذا كانت الطاقة الممتصة تكفى لتحرير الالكترونات من ذراتها انطلقت هذه الاخيرة داخل المادة (مكونة غاز التشغيل) وتتحول الطاقة (الممتصة) الى طاقة كهربية ـ ان مقدار طاقة الاشعة الضوئية يتناسب تناسبا عكسيا مع طول موجة هذه الاشعة .

اما كيف تتحول طاقة الالكترونات المتحررة (وهى داخل المادة) الى طاقة كهربية فسوف اوضح ذلك بطريقة مبسطة كما يلى :

* عندما يلتصق نوعان من مادة شبه موصلة (ولتكن سيليكون) احدهما سالب والآخر موجب (شكل ١٧) تنتشر بعض الالكترونات المتحررة الفائضة فى السيليكون السالب ناحية السيليكون الموجب تماما كما تنتشر الرائحة العطرية بين ذرات الهواء ـ كذلك تنتشر بعض الفجوات ناحية السيليكون السالب ـ فينتج من ذلك الانتشار شحنتان كهربيتان على جانبى موضع الالتصاق احدهما سالبة وتقع ناحية السيليكون الموجب ، والاخرى موجبة وتقع ناحية السيليكون السالب ، وتكون النتيجة بطارية كهربية (او مولد كهربى) . هذا هو الاساس العريض لتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربية .



شكل ١٧

كيف تتكون الشحنات الكهربية على جانبى موضع التصاق نوعين من السيليكون .

تمتاز معدات الانتاج الضوئية الكهربية عن معدات الانتاج الحرارية الكهربية بان المادة الفعالة لا ترتفع درجة حرارتها الا قليلا ، ذلك لأن طاقة الاشعة الضوئية يتم امتصاصها (بواسطة الالكترونات فيزداد اهتزازها اى ترتفع درجة حرارتها ، اى الالكترونات، نتيجة لهذا الامتصاص) في فترة زمنية ، تتراوح بين جزء من مليون الى جزء من الف من الثانية ، وهى فترة قصيرة جدا بالنسبة للزمن اللازم لسريان الحرارة ، فلا تستطيع الحرارة ان تنتقل الى الهيكل البلورى ، فتبقى المادة باردة .

معدات الانتاج الضوئية الكهربية هى اذن كما قلنا الات حرارية ولكن غاز التشغيل فيها هو الالكترونات ، حيث تنتقل الطاقة الى هذا الغاز الالكترونى عن طريق امتصاص الالكترونات للطاقة الضوئية الساقطة فتسخن الالكترونات نتيجة لهذا الامتصاص بدون أن تسخن المادة نفسها . ثم تحويل طاقة الالكترونات الى طاقة كهربية ـ اما اذا كان بعض الاشعة الساقطة تتوافق مع المادة (اى طول موجتها يناسب المادة) والبعض الاخر غير متوافق ، فان ذلك يتسبب في ارتفاع درجة الحرارة ـ ان الكترونات المادة سوف لا تمتص هذا البعض الاخر ، وبالتالى سوف لا يتحول الى طاقة كهربية ، وانما يتحول الى طاقة حرارية تتسبب في تسخين المادة وارتفاع درجة حرارتها ، فيجب اذن تغطية المادة بغطاء « يمتص جزء الاشعة المفيد ويعكس جزء الاشعة غير المفيد » .

المواد الاكثر كفاءة لتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربية هى :

المواد « شبه الموصلة المطعمة » ذلك لان مقدار الطاقة اللازمة لتحرير الالكترونات من الذرات صغير نسبيا .

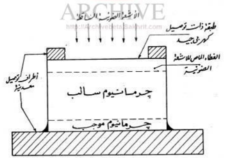
وفيما يلي شرح مبسط لاحد البطاريات الضوئية الكهربية وهى بطاريات السيليكون الشمسية :

يجدر بنا هنا ان نبين التحليل الطيفى للطاقة الشمسية ، حتى نتبين المواد التى يمكن استخدامها في البطاريات الشمسية . ان اكبر طاقة اشعاعية للشمس هى تلك التى طول موجتها ٥ر. ميكرون وهو طول موجة الاشعة بين الخضراء والصفراء ، وسط الطيف المرئى ـ اما الاشعاعات الشمسية التى طول موجتها اكبر من ٧ر. ميكرون فلا تشتمل الا على نصف الطاقة الشمسية فقط، بينما يقع ربعها فقط في الاشعاعات التى طول موجتها اكبر من ميكرون واحد ـ اما طاقة الاشعة الصادرة من الشمس والتى طول موجتها اطول من ٣ ميكرون فلا تشتمل الا على اثنين في المائة من الطاقة الكلية لاشعة الشمس . الميكرون هو وحدة قياس صغيرة تساوى جزءا من الف من المليمتر .

تمتص مادة السيليكون (وهى مادة شبه موصلة) الاشعة التى موجتها اقل من ميكرون واحد ، اى تمتص معظم الاشعة الشمسية ـ هناك بطاريات السيليكون الشمسية ذات الخلايا المستطيلة (تبلغ مساحة الواحدة منها ١ × ٢ سم٢) او ذات الخلايا المستديرة (يبلغ قطر الواحدة منها حوالى ٣ سم٢) وهى ذات كفاءة تصل الى ١٥ ٪ وتستخدم بالاقمار الصناعية لتمدها بالتيار الكهربى اللازم لبعض اجهزتها الالكترونية ، كما تستخدم في الاماكن النائية البعيدة عن العمران ـ كما أن هناك بطاريات « ارسنيد الجاليوم » الشمسية ، والمادة شبه الموصلة فيها مركب من عنصرى الجاليوم والارسينيك وكفاءتها تصل الى ١٣ ٪ ـ تقدر الطاقة الشمسية الساقطة عموديا بحوالى ١٤٠٠ وات لكل متر مربع وذلك عند الارتفاعات الخاصة بالاقمار الصناعية .

يبذل المهندسون قصارى جهدهم لتحسين كفاءة هذه المعدات ، وينحصر هذا الجهد فى ناحيتين هامتين ـ أولاهما طريقة تصميم المعدات بحيث تمتص المادة الفعالة جميع الاشعة الساقطة عليها ولا يرتد منها الا قليل ، وحتى هذا القليل المرتد يستفاد به مرة ثانية عندما يسقط على جزء آخر من المادة الفعالة . اما الناحية الاخرى فهى اختيار المادة شبه الموصلة الفعالة واختيار درجة تطعيمها ، وكذلك تغطية سطح هذه المادة بغطاء لا يعكس الاشعة الساقطة عليه . وكذلك الاقلال من المقاومة الكهربية لاطراف التوصيل بجعل طبقة اخرى موصلة جيدة للكهرباء تتخلل الغطاء الماص للاشعة (شكل ١٨) .

يمكننا الحصول على معدات انتاج كهربية ضوئية اعلى كفاءة واقل تكلفة من البطاريات الشمسية ، وذلك عن طريق التحكم فى نوع الاشعة الضوئية من حيث اطوال موجاتها ومن حيث شدتها ـ هذه هى المعدات الحرارية الضوئية الكهربية حيث تتحول الطاقة الحرارية الى طاقة ضوئية اولا بواسطة المصابيح الضوئية التى يمكن التحكم فى شدتها وفى اطوال موجاتها ثم تتحول الاخيرة الى طاقة كهربية .



شكل ١٨

خلية ضوئية كهربية .

ي ـ تخزين الطاقة :

هناك طرق مختلفة لتخزين الطاقة وفيما يلي اهم هذه الطرق مع مقارنتها ببعضها البعض ـ وسوف تكون نسبة طاقة الوقود المخزون الى كتلته هي العامل الرئيسي عند المقارنة ـ والسبب في ذلك يظهر جليا اذا كانت الطاقة المخزونة سوف تستهلك (كما هي او بعد تحويلها) في المعدات المتحركة مثل السيارات والطائرات ومركبات الفضاء والصواريخ والغواصات وغيرها ، او سوف تنقل من مكان الى مكان آخر في الناقلات البحرية أو غيرها من الناقلات . وسوف توضح ذلك بالمثالين الآتيين وذلك قبل البدء في شرح الطرق المختلفة لتخزين الطاقة ومقارنتها :

ان كمية وقود الجازولين التي يجب خزنها داخل سيارة نقل لتقطع مسافة قدرها ٥٠٠ كيلو متر هي حوالي عشرين جالونا كتلتها حوالي ١٢٥ رطلا وتشغل حيزا مقداره ٢٫٧ قدما مكعبا وتحتوي على طاقة مقدارها ٩٣٢ حصان / ساعة . ان اقل من ٢٠٪ من هذه الطاقة يستفاد به في تسيير السيارة (في مقاومة احتكاك العجلات وفي مقاومة الهواء) ، اما الجزء الاكبر وهو ٧٥٪ فيضيع سدى كحرارة في العادم وفي المبرد (الرادياتير) وفي زيت التزييت وفي الآلة نفسها ، اي ان كفاءة الاستفادة اقل من ٢٠٪ ومن هنا تتبين اهمية رفع هذه الكفاءة بالنسبة لتخزين الطاقة .

اما المثل الثاني فهو لمركبة فضاء (صاروخية) ـ فاذا اهملنا بحق قوة الجاذبية ، واذا كانت طاقة رفع المركبة ناتجة من التفاعل الكيميائي لحدان نسبة الطاقة الناتجة من هذا التفاعل الى كتلة المواد المتفاعلة تساوي نسبة طاقة حركة المركبة الى كتلتها ـ ومن هذا المثال يتبين لنا اهمية نسبة طاقة الوقود الى كتلته .

وفيما يلي توضيح للطرق المختلفة لتخزين الطاقة ونسبة الطاقة الى الكتلة في كل منها :

١ ـ **الطاقة المخزونة في الرباط النووي (بالوقود النووي)** : ونسبة هذه الطاقة الى كتلتها ١٢ مليون كيلو وات ساعة لكل كيلو جرام .

٢ ـ **الطاقة المخزونة في الرباط بين الذرات** : تنشأ هذه الطاقة من تجاذب الكترونات الذرة وهي تسير في مدارها مع نواة الذرة المجاورة والتي تطلق من عقالها اثناء تعديل الالكترونات المدارية عند التفاعلات الكيميائية بين الذرات .

تساوي هذه الطاقة ضعف شحنة الالكترون اي تساوي $٢ \times ١٫٦ \times ١٠^{-١٩}$ جول = $٠٫٩ \times ١٠^{-٢٥}$ كيلو وات ساعة ـ فاذا اعتبرنا ان متوسط الوزن الذري هو عشرة فان نسبة الطاقة الى الكتلة = $\frac{٠٫٩ \times ١٠^{-٢٥}}{٢ \times ١٠ \times ١٫٧ \times ١٠^{-٢٧}}$ = ٢٫٧٨ كيلو وات ساعة لكل كيلو جرام .

الجول (وات ـ ثانية) هو احدى وحدات الطاقة ويساوي عشرة ملايين ارج (داين ـ سم) ـ وكتلة ذرة الايدروجين تساوي $١٫٧ \times ١٠^{-٢٧}$ كيلو جرام .

وللمقارنة نذكر ان نسبة الطاقة الى الكتلة في حالة وقود الجازولين هي ١٢ كيلو وات ساعة .

٣ ـ الطاقة المخزونة فى الذرات المؤينة : وهى اكبر من الطاقة الحرارية عند التفاعلات الكيمائية بنسبة الضغط الكهربى اللازم للتأين (وهو ٢٠ فولت مثلا) الى الضغط الكهربى اللازم لفك الرباط بين الذرات (وهو ٢ فولت مثلا) .

٤ ـ الطاقة الكيمائية المخزونة فى البطاريات الكهربية الثانوية :

بالرغم من أن نسبة الطاقة الى الكتلة فى هذه الحالة هى جزء من مائة فقط عند المقارنة بوقود الجازولين ، الا ان للبطاريات الكهربية خصائص ممتازة أهمها سهولة تشغيلها وامكان شحنها مرات عديدة تجعلها مرغوبة فى تطبيقات كثيرة .

٥ ـ الطاقة الكيمائية المخزونة فى بطاريات الوقود :

نسبة الطاقة الى الكتلة هنا أعلى بكثير (عشرة الى مائة مرة) من النسبة فى حالة البطاريات التقليدية .

٦ ـ الطاقة المخزونة فى المجال الكهربى :

تخزن هذه الطاقة فى المادة العازلة داخل مكثف كهربى . ومن المواد العازلة التى تبشر بنتائج طيبة هى شرائح من الزجاج فهو يتحمل اجهادا كهربيا « ك » مقداره عشرة ملايين فولت لكل ملليمتر ، فاذا علمنا ان نسبة الطاقة الكهربية الى الكتلة المكثف مسطح = $\frac{E}{٢}$ $\frac{ك^٢}{ث}$ حيث ث هى كثافة المادة العازلة ، E هى معامل السعة النوعى للمادة العازلة ـ نجد ان نسبة الطاقة الكهربية المخزونة فى المادة الى كتلتها تساوى ١ر. كيلو وات ساعة لكل كيلو جرام .

٧ ـ الطاقة الحركية المخزونة فى الصدمات الدوارة (الحدافة مثلا) :

تبلغ نسبة الطاقة الى الكتلة فى هذه الحالة ٠٥ر. كيلو وات ساعة لكل جكم اى حوالى جزء من مائتين عند المقارنة بالجازولين ـ لقد امكن استعمال حدافة تزن ثلاثة آلاف رطل وتدور بسرعة ثلاثة آلاف دورة فى الدقيقة لتشغيل سيارة ركاب تزن ١٥ طنا وهى محملة بخمسة وثلاثين راكبا جلوسا ، وخمسة وثلاثين آخرين وقوفا ـ وعند المحطات تكون الحدافة قد استهلكت جزءا من طاقتها فى ادارة السيارة وانخفضت سرعتها . لعاد سرعتها الاولى عن طريق المحرك الكهربى المتصل بها والذى يمكن توصيله بمصدر الكهرباء بالمحطة .

٨ ـ طاقة الغاز المضغوط : تبلغ نسبة الطاقة الى الكتلة فى هذه الحالة جزءا من مائة فقط من النسبة فى حالة الجازولين .

٩ ـ طاقة الوضع او (طاقة الجاذبية الارضية) :

بالرغم من أن نسبة الطاقة الى الكتلة هنا هى جزء من مليون من النسبة فى حالة وقود الجازولين الا أن هذا النظام يعتبر من الناحية العملية وفى حالات معينة من أفيد النظم واكثرها تطبيقا ، ومن أمثلة نظام المحطات الكهربية ذات الخزانات المزودة بالمضخات ـ حيث يستخدم

فائض الطاقة الكهربية اثناء الليل (وخاصة في المناطق الصناعية) في ادارة المضخات لرفع الماء الى خزانات عالية ـ وفي خلال النهار يستفاد من طاقة الوضع هذه بترك المياه تتدفق من الخزانات فتعمل المضخات كتوربينات تدار بدفع الماء ، وتدير الاخيرة بدورها معدات كهربية لانتاج الكهرباء كما ذكرنا سابقا .

ويبين شكل (١٩) نسبة الطاقة الى الكتلة في الطرق المختلفة لتخزين الطاقة متخذين النسبة الخاصة بوقود الجازولين كوحدة .

•••



شكل ١٩

الطرق المختلفة لتخزين الطاقة مبينا نسبة الطاقة الى الكتلة في كل منها متخذين هذه النسبة لوقود الجازولين كوحدة .

ك ـ نقل الطاقة وتوزيعها :

غالبا ما تكون مصادر الطاقة ، سواء كانت فحما ام زيتا ام غازا طبيعيا ام مساقط مياه ام طاقة رياح ام غير ذلك ، فى مواقع بعيدة عن اماكن استغلالها حيث تقام المحطات الكهربية عند هذه المصادر حتى تقل التكاليف ـ كما تقام محطات توليد الطاقة الكهربية سواء التى تعمل بالوقود التقليدى (الفحم او الزيت او الغاز الطبيعى) او بالوقود النووى فى اماكن بعيدة ايضا (فى حالات كثيرة) عن اماكن استغلالها ، حيث يجب ان تكون بعيدة عن المدن حتى لا تتسبب فى تلوث هواء وماء سكانها ، كما يجب ان تكون فى اماكن قريبة من مصادر المياه حتى يسهل تبريد معداتها . لكل ذلك كان لا بد من نقل الطاقة الكهربية الى اماكن استغلالها .

هناك انظمة متعددة لذلك النقل اهمها نظام النقل الكهربى لنظافته وسهولة صيانته وتوزيعه ، ونظام التحويل الى « ايدروجين سائل » ونقل الاخير اما عن طريق الناقلات البحرية خارج البلاد او فى خطوط الانابيب داخل البلاد .

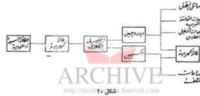
تتناسب الطاقة الكهربية المنقولة مع حاصل ضرب التيار الكهربى فى الضغط الكهربى المستخدم ـ كما تتناسب الطاقة الكهربية المفقودة اثناء النقل مع مربع التيار الكهربى ـ فيجب اذن نقل الطاقة الكهربية بتيار كهربى صغير المقدار نسبيا وبضغط كهربى عال جدا حتى تقل الطاقة الكهربية المفقودة وترتفع كفاءة النقل ـ تنقل حاليا الطاقة الكهربية على خطوط الضغط الكهربى الفائق المتغير والذى يصل الى ثلاثة ارباع المليون فولت ، والمقدر له ان يصل الى مليون فولت فى اواخر السبعينات حتى يمكن نقل اكبر قدرة كهربية ممكنة ، وكذلك على خطوط الضغط الفائق المستمر والذى يبلغ حوالى مليون فولت وسوف يصل الى مليونين من الفولتات ($\pm$ مليون فولت) فى اواخر السبعينات وحتى يمكن ايضا زيادة القدرة المنقولة .

كما ان الاتجاهات الحديثة هى رفع الضغط الكهربى لشبكات التوزيع وكذلك استخدام الكوابل الارضية ـ وجميع المؤشرات تؤكد وجوب تعميم هذه الكوابل للتوزيع ـ هناك كوابل ارضية فى بعض المدن الكبيرة تعمل على ضغط كهربى حوالى ثلث مليون فولت (تيار متغير) ـ كما ان هناك بحوثا مستمرة لرفع ذلك الضغط حتى نصف مليون فولت فى الكوابل التى من نوع الانابيب ـ كما حدث تقدم كبير فى الكوابل التى تحمل التيار المستمر ، فقد وصل الضغط الكهربى فى بعضها الى نصف مليون فولت وسوف يصل الى مليوني فولت فى اواخر السبعينات ـ هناك بحوث مستمرة فى تحسين وتطوير المواد العازلة وفى طرق التبريد وفى دراسة طرق جديدة للنقل الكهربى فى انابيب ـ كما ان هناك بحوثا فى الكوابل ذات الغاز المضغوط كعازل ، والكوابل الملاى بالصوديوم كموصل والكوابل فائقة التوصيل الكهربى وغير ذلك .

اما فى المسافات الطويلة فالطاقة الكهربية ليست الافضل لارتفاع تكاليف نقلها ولعدم امكان خزنها بكفاءة توازى خزن الوقود نفسه ، ونوع الطاقة الافضل فى هذه الحالة هو « الايدروجين » فهو ايسر انواع الوقود نقلا وخزنا واكثرها اقتصادا ـ والفكرة الاساسية فى اقتصاديات الايدروجين هى « اقامة المحطات النووية » او « المحطات الشمسية » او « المحطات التقليدية »

عند المناطق الساحلية وانتاج الطاقة الكهربية منها ، ثم استخدام التيار الكهربي المستمر في « التحليل الكهربي » لتعذيب مياه البحر المالحة ثم انتاج الايدروجين ونقله بالسفن خارج البلاد للتصدير او نقله داخل الاقاليم للاستفادة به كوقود ـ يبين شكل (٢٠) نظام الحصول على الايدروجين موضحا تطبيقاته المختلفة ، كما يبين الشكل ايضا الاكسجين الناتج من التحليل الكهربي .

•••



شكل ٢٠

نظام الحصول على الايدروجين من الطاقة النووية او الطاقة الشمسية .

ل ـ الطاقة الشمسية بالبحار والمحيطات :

يحتاج جمع الطاقة الشمسية الساقطة على سطح الارض الى مساحات كبيرة من المعدات والمواد مما يجعل هذه الطاقة باهظة التكاليف ـ لذلك اتجه المهندسون والعلماء نحو الحصول على الطاقة الشمسية التى تمتصها مياه البحار والمحيطات وخاصة الاستوائية منها بواسطة ما يسمى (محطات البحار الشمسية) ، ذلك لأن المحيط (او البحر) هو معدات التجميع نفسها ، ثم تحويل هذه الطاقة الحرارية الى طاقة كهربية سواء بالنظم الحديثة او بالنظم التقليدية ، ويلى ذلك تحويل الاخيرة الى طاقة كيمائية بواسطة التحليل الكهربي حيث يتم نقلها وتوزيعها .

لقد تمكن المهندسون والعلماء من التغلب على كثير من العقبات حتى امكن الحصول على الطاقة الكهربية من هذا المصدر الحرارى بتكاليف معتدلة ، واهم هذه العقبات ما يأتى :

العقبة الاولى هى ضآلة الآلة الحرارية (فهى ٣٪ فقط) حيث ان أقصى فرق بين درجة حرارة الماء الدافىء قرب السطح والماء البارد فى العمق (بين ٥٠٠ الى ١٠٠٠ متر) هو ٢٠° مئوية ،

فاذا علمنا انه ٥٥٠٠ مئوية (في المتوسط) في محطات الوقود التقليدية لتبين لنا السبب في ان الكفاءة هنا اقل بكثير من كفاءة الالة الحرارية عند استخدام الوقود التقليدي (الفحم او الزيت او الغاز الطبيعي) . هذا بالاضافة الى ان نصف هذا المقدار وهو عشر درجات مئوية فقط هو الذي يمكن استغلاله في الالة الحرارية نفسها ، ويستخدم النصف الباقي في ضخ الحرارة من سطح الماء الدافىء الى الالة الحرارية ومن الاخيرة الى الماء البارد في العمق مما يؤدي الى انخفاض اكثر في الكفاءة — فالكفاءة هنا تصل الى ٣٪ فقط بينما تبلغ ٤٠٪ عند استخدام الوقود التقليدي — ليست الكفاءة بالعامل الاساسي عند المقارنة بين هذا النظام ونظام الوقود التقليدي ، ذلك لان الوقود هنا (وهو الطاقة الشمسية) لا ثمن له ، وانما العامل الأساسي هو في الحقيقة التكاليف الكلية عند الحصول على نفس الطاقة الكهربية من النظامين . فبالرغم من ان مساحة انابيب المرجل التي تحمل الماء الدافىء (فتنقل حرارتها الى مائع التشغيل) اضعافا مضاعفة (عشر مرات) مساحتها عند استخدام الوقود التقليدي (ذلك لضخامة حجم المياه التي تتدفق في الانابيب لامكان الحصول على طاقة كبيرة) الا انها تصنع من جدران رقيقة فتقل التكاليف — والسبب في ذلك ان ضغط غاز التشغيل (وهو بخار الامونيا ذي النقل الحراري الجيد) في النظام الذي نحن بصدده اقل من جزء من عشرين من الضغط في النظام التقليدي (فضغط بخار مائع التشغيل يزداد بمعدل كبير مع الارتفاع في درجة الحرارة) وبذلك يمكن استخدام انابيب رقيقة الجدران فتقل تكاليفها ، كما تساعد على نقل الحرارة من الماء الدافىء الى الامونيا بكفاءة اعلى — كما ان تكاليف المرجل هي الاخرى اقل منها في حالة الوقود التقليدي ، ذلك لان المرجل يوضع عادة عند اعماق معينة تحت الماء حتى يتعادل الضغط الداخلي على جدران المرجل (والناتج من ضغط غاز الامونيا) مع الضغط الخارجي (الناتج من ضغط مياه المحيط او البحر) ويمكن عندئذ تصنيع جدران المرجل من رقائق رفيعة فتقل تكاليفه .

اما العقبة الثانية فهي تآكل المعدات المعدنية نتيجة لتواجدها في ماء البحر (ذي درجة التوصيل الكهربي العالية) وذلك عن طريق التحليل الكهربي — ان احد مقاييس التآكل هو (الجهد الكهروكيمائي) فاذا كان المعدن ذا جهد كهروكيمائي موجب فانه يتحلل كيمائيا مطلقا غاز الايدروجين — لقد امكن التغلب على هذه العقبة باستخدام معدن الالومنيوم ، فبالرغم من انه موجب الجهد الكهروكيمائي الا انه سرعان ما يتأكد ، وتكسوه طبقة من اكسيد الالومنيوم تقيه مياه البحر .

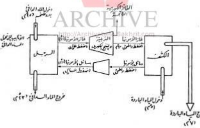
والصعوبة الثالثة هي نمو طبقة من المكروبات على جدران انابيب المرجل فيقل انتقال الحرارة من الماء الدافىء المتدفق داخلها الى غاز التشغيل خارجها — وقد امكن التغلب على هذه العقبة ايضا باضافة قليل من الكلورين الى ماء البحر (بنسبة جزء الى اربعة ملايين) يكفي لمنع نمو هذه المكروبات وفي نفس الوقت لا يؤثر على الكائنات الحية داخل البحار والمحيطات .

بعد التغلب على العقبات السالفة الذكر امكن الحصول على وحدات تعمل من الطاقة الحرارية الناتجه من سقوط اشعة الشمس على البحار والمحيطات براس مال مستثمر (لكل كيلو وات) اقل كثيرا من النظم التي تعمل بالوقود التقليدي (الفحم او الزيت او الغاز الطبيعي) او بالوقود النووي — فهو نصف راس المال المطلوب في حالة الوقود التقليدي وثلثه في حالة الوقود النووي — هذا بالاضافة الى ان الوقود هنا وهو الطاقة الشمسية لا ثمن له .

سوف نوجز فيما يلى وصفا لمحطة بحـرشمسية وشرحا لعملها :

يمثل شكل (٢١) هذه المحطة . يضخ الماء الدافىء فى انابيب تمر داخـل المرجل الذى يحتوى على مائع التشغيل وهـو « الامونيـا » فتنتقل الحرارة من الانابيب اليه فتتبخر ويتدفق بخار الامونيا الى التربينة (وهو عند ٢٠.٥ مئوية) فيدير ريشها ، والاخـيرة تدير المنتج الكهربى ، فيتحول جزء من طاقة بخار الامونيا الى طاقـة كهربية ـ ثم يخـرج بخار الامونيا من التربينـة بضغط منخفض ودرجة حرارة منخفضة هى ١٠. مئوية ليكثف فى المكثـف ، ثم يتـكثف ويضـخ فيتدفق سائل الامونيا (عند ١٠.٥ مئويـة) الى المرجل ، وهكذا تعاد الدورة .

ويمكن رفع الكفاءة الحرارية قليلا باستغلال الطاقة الحرارية بالمكثف ، حيث يضخ اليه الماء البارد من البحر عند ٥ مئوية ويخرج منه عندرجة اعلى قليلا هى ٧ مئوية ـ كما هو مبين فى الشكل .



شكل ٢١

نظام انتاج الطاقة الكهربية من الطاقة الشمسية بالمحيطات او البحار (محطة بحر شمسية) .

م ـ الالكترونات ومجال الطاقة الكهربية

تلعب الالكترونات ومعداتها دورا بالغ الاهمية فى مجال الطاقة الكهربية ـ فمعدات النظم الحديثة للتحويل المباشر للطاقة الى طاقة كهربية والتى سبق ان ذكرناها هى معدات الكترونية ـ كما ان الآلات الحاسبة الالكترونية ، والتى تقوم حاليا بعديد من المهام فى مجال الطاقة الكهربية هى الاخرى معدات الكترونية .

هناك معدات الكترونية اخرى من مواد شبه موصلة (وخاصة السيليكون والجرمانيوم) تعمل حاليا فى مجالات التوليد والتوزيع واستهلاك القوى الكهربية ، كما تعمل بالأخص فى مجال تحويل الطاقة الكهربية من نوع الى آخر والتحكم فيها بما فى ذلك معدات القطع ، واهم هذه المعدات (الموحد الثنائى) و « الثيريستور » بأنواعه المختلفة و « الترانزستور ذو القدرة » .

وتمتاز هذه المعدات الالكترونية عن المعدات التقليدية فى انها اصغر حجما واخف وزنا واقل حساسية للصدمات واكثر تحملا واقل استهلاكا وصيانة ، كما انها لا تحدث اى شرارة او ضوضاء ، وانها اسرع استجابة فلا تحتاج الى وقت للتسخين ، هذا بالاضافة الى انها اعلى كفاءة وارخص ثمنا .

تبين الامثلة الآتية الحاجة الماسة الى تحويل الطاقة الكهربية من نوع الى نوع آخر :

١ ـ الحاجة الى تغذية الماكينات التى تعمل بالتيار المستمر وكذلك الحاجة الى شحن البطاريات وكان المصدر الموجود هو تيار متغير .

٢ ـ الحاجة الى ادارة المحركات التى تعمل بالتيار المتغير وكان المصدر الموجود هو تيار مستمر .

٣ ـ اهمية نقل الطاقة الكهربية ذات الضغط العالى وهى فى حالة تيار مستمر ، نظرا الى المميزات المتعددة لذلك النقل ، والتى اهمها خفض نفقات خطوط النقل سواء كانت خطوطا هوائية ام كوابل ارضية او مائية ، وكذلك سهولة ربط الخطوط والشبكات المختلفة وغير ذلك .

وفيما يلى اهم خصائص المعدات الالكترونية فى مجال الطاقة الكهربية :

١ ـ الموحد الثنائى : وهو يعمل على تيار كهربى متوسط يتراوح مقداره بين مئات والاف الامبيرات ، وتيار ذروة يتراوح مقداره بين الاف وعشرات الاف الامبيرات ـ فى حين ان مقدار ذروة الضغط الكهربى الذى يعمل عنده قد يصل الى عدة آلاف من الفولتات ، كما يصل التردد الذى يعمل عنده الى عشرة آلاف ذبذبة . يقوم الموحد الثنائى فى العادة بتوحيد التيار ، اى بتحويل التيار المتغير الى تيار مستمر .

٢ ـ الثيريستور ذو الاتجاه الواحد : وهو يعمل على تيار كهربى متوسط يبلغ مئات الامبيرات وتيار ذروة يبلغ آلاف الامبيرات ـ كما يعمل على ضغط كهربى ذروته تبلغ عدة آلاف من الفولتات كما يبلغ الضغط الكهربى الفاقد فيه فولتا واحدا او اكثر قليلا ـ ويقوم الثيريستور بتوحيد التيار والتحكم فى تدفقه وقطعه ، وهناك الثيريستور العاكس الذى يحول التيار المستمر الى تيار متغير التردد .

٣ ـ الثيريستور الثلاثي ذو الاتجاهين : وهو يعمل على تيار يصل مقداره جذر متوسط مربعه مئات الامبيرات ـ كما يبلغ مقدار جذر متوسط مربع الضغط الكهربي مئات الفولتات . تمرر هذه المعدات التيار الكهربي في اتجاهين ، فهي تؤدي عمل اثنين من الثيريستور ذي الاتجاه الواحد ـ انها في الواقع تطوير لها .

٤ ـ الترانزستور ذو القدرة وهو يقوم بعمل الثيريستور وخاصة عند الضغط الكهربي المنخفض ـ هناك ترانزستور يبلغ الفاقد فيه مئات من الواتات ويعمل عند تيار كهربي يبلغ المئات من الامبيرات وضغط كهربي يبلغ المئات من الفولتات .

تعمل المعدات الالكترونية السابقة الذكر في مجالات متعددة اهمها :

١ ـ تغذية المحركات ذات السرعات القابلة للتعديل سواء التي تعمل بالتيار المستمر ام بالتيار المتغير .

٢ ـ الحصول على مصدر طاقة كهربية يعمل باستمرار بدون انقطاع ، وذلك باستخدام وحدة مكونة من بطارية وعديد من الوحدات الثنائية وثيريستور عاكس ، حيث تحول الوحدات الطاقة الكهربية ذات التيار المتغير الى تيار مستمر لشحن البطارية ثم تقوم البطارية ومعها الثيريستور العاكس بتحويل طاقة البطارية الكهربية الى تيار متغير اثناء انقطاع التيار العمومي ولا تستغرق في ذلك الا فترة زمنية قصيرة لا يشعر بها المستهلك .

٣ ـ تغذية قطارات السكك الحديدية الكهربية حيث تعمل المحركات بالتيار المستمر وتقوم الوحدات الثنائية بتحويل الطاقة الكهربية ذات التيار المتغير الى تيار مستمر .

٤ ـ تعمل الثيريستور بدلا من القواطع الكهروميكانيكية التي تحتاج الى صيانة مستمرة لنقط التماس والاجزاء المتحركة بالاضافة الى بطئها وكبر حجمها والضوضاء التي تحدثها .

٥ ـ تعمل الثيريستور ذات الضغط الكهربي العالي في نظم الطاقة الكهربية التي تنتقل فيها الطاقة الكهربية بالتيار المستمر ذي الضغط الكهربي العالي لما لهذا النقل من مزايا سبق ان ذكرناها .

وهناك بحوث مستمرة تهدف الى تطوير وتحسين اداء المعدات الالكترونية التي تعمل في مجال الطاقة الكهربية كما تهدف الى زيادة سعتها ورفع كفاءتها .

هذا وتعمل المعدات الالكترونية في القياس والوقاية والتشغيل والتحكم وغيرها في مجال الطاقة الكهربية .

* * *

أحمد أبو زيد

الطاقة والحضارة

من اكثر الحقائق وضوحا فيما يتعلق بالمجتمع البشرى والحضارة الانسانية عموما ، تعدد اشكال المجتمعات والثقافات او الحضارات، وتنوع اشكال وصور النشاط البشرى منذ ظهور الانسان المبكر حتى الآن . وهي اشكال وصور نشأت اصلا نتيجة لمحاولة الانسان الدائمة للتغلب على البيئة الطبيعية التي تحيط به ، أو على الاقل محاولة التلاؤم معها . وربما كانت هذه المحاولات الطويلة المستمرة هى التى اعطت الانسان « انسانيته » وميزته تمييزا شديدا عن بقية الكائنات الاخرى . وهذا لا يعنى على الاطلاق ان تلك الكائنات لا تبذل اية جهود للتلاؤم مع البيئة التى تعيش فيها ، فى الواقع ان ثمة صراعا دائما ينشب بين الكائنات الحية والبيئة الطبيعية ، ولكنه يختلف فى الدرجة من نوع لآخر ، ولكن ربما كان الفارق الاساسي هو أن هذه الكائنات الاخرى تقوم بتلك الجهود بطريقة تلقائية تدفع اليها نفس تكوينها البيولوجى وذلك بعكس الانسان الذى يقوم بتلك المحاولات نتيجة لمبادىء عقلية تقوم على اساس ادراك المستقبل . وهذا معناه ان الجهود والمحاولات التى تصدر عنه هى فى حقيقة الامر جهود ومحاولات مقصودة،

ومتمعدة بل ومرسومة ومدروسة . وتاريخ التطور الانساني القريب نسبيا والذى يقدر بحوالي سبعين مليون سنة ويحدد بداية مايسميه علماء الانثربولوجيا الفيزيقية بالدور الحيواني او الطور السينوزوى Cenozoic Era من الزمن الجيولوجي وهو عصر الثدييات ـ يؤكد ذلك . فقد كانت هذه الكائنات تحمل معها ، ليس فقط امكانيات تطوير وتعديل هياكلها ، بل وايضا التلاؤم والتكيف مع البيئة ،وبذلك امكنها الانتقال الى مراحل متقدمة واكثر تطورا حتى ظهر الانسان الحديث او الانسان العاقل Homo sapiens بكل امكانياته وقدراته الحالية . فالتطور ليس عملية بسيطة ، وان كان يمكن القول ان العامل المسيطر فى تلك العملية هو ما يسميه داروين بالانتخاب الطبيعي Natural Selection والانتخاب الطبيعي ليس شيئا واحدا بسيطا بل هو على العكس من ذلك تماما « نتيجة اصلح مواءمة بين مكونات البيئة المحيطة باحدى السلالات الحيوانية من ناحية ،وكل خصائص التكوين الجسمى لتلك الحيوانات ذاتها من الناحية الاخرى » . وهى على اية حال عملية تدريجية تتم ببطء شديد نظرا لانها تتالف من عدد كبير جدا من الخطوات الدقيقة المترابطة، وان كان يبدو ان هناك بعض القفزات الطويلة التي لا تتخللها اية خطوات اخرى قصيرة (١) .

والذى يهمنا هنا ليس هو مجرد تطور التكوين التشريحي لهذه الكائنات الحية ، انما الذى يهمنا هو فى المكان الاول تطور ثقافة الانسان او حضارته وبالذات حضارة الانسان « الحديث » واسلوب حياته وحاجاته الحيوية ، وطريقة اشباع هذه الحاجات والجهود التي بذلها فى سبيل ذلك . اى اننا ناخذ ثقافة الانسان او حضارته بالمعنى الانثربولوجى لهذه الكلمة والذى يشمل كل المخترعات والعادات والتقاليد التي اوجدتها الانسانية منذ القدم ، على اعتبار ان الثقافة او الحضارة بهذا المعنى ـ هى كل ما يساعد « الانسان » على تحقيق انسانيته . فلولا الثقافة او الحضارة لكنا على ما يقول **وليام هاولز** مجرد نوع آخر من انواع الحيوان ، اى نوع من القردة العليا ، تعيش كبقية الانواع فى جماعات صغيرة لها كل خصائص المجتمعات ، ولكنها مجتمعات بدون ثقافة . فكل زمر او مجتمعات الشمبانزى تتصرف باسلوب واحد ، سواء فى طريقة الاكل او النوم فوق الشجر او التجول ،بل وفى علاقاتها الاجتماعية الصاخبة . وهذه كلها امور مميزة للشمبانزى، حددتها لها طبيعتها وقدراتها العامة . اما حالة الانسان فتختلف عن ذلك . فكل مجتمع بشرى له رصيد اضافى من السلوك يغطى ويخفى تلك الخصائص الأولى ويعدل منها . وهذا الرصيد الاضافى هو مانسميه بالثقافة . وزيادة على ذلك فان هذه الطبقة العلوية لا تتشابه ابدا فى اى مجتمعين متمايزين لانها ليست فطرية ؛ كما انها لا تصبح ابدا اجزاء من التكوين نفسه ، اى انها ليست فى ذاتها خاصية بيولوجية. صحيح انها (تورث) ـ وهذه نقطة هامة ـ ولكن كما تورث الاملاك لا كما تورث العيون الزرق . فالثقافة اذن هى كل

(١) انظر فى ذلك ترجمتنا العربية لكتاب وليام هاولز « ماوراء التاريخ » دار نهضة مصر ، القاهرة ١٩٦٥ صفحة ٢٠ وما بعدها . والكتاب فى الاصل الانجليزى كان بعنوان Howells, William ; Back of History

تلك الاشياء التي لا تورث بيولوجيا . (٢) ويقول آخر ببسيط فان الثقافة او الحضارة هي كل ما يتقبله الانسان كطريقة للعمل والتفكير ، وكل مايتعلمه ويعلمه لغيره من الناس . فالتعليم والتعلم هما وسيلة انتقال الثقافة او الحضارة والطريقة التي تتغير بها وتتطور . وهذه خاصية مميزة للانسان الذي ينفرد عن غيره من الحيوانات بالتالي بالقدرة على اختراع الحضارة وخلقها وتطويرها ، بحيث تتخذ اشكالا وصورا متفاوتة تتلاءم مع الاوضاع التي تعيش فيها المجتمعات المختلفة ، ومع رغبة الناس في التلاؤم والتواؤم مع هذه الاوضاع وتسخيرها لصالحهم (٣) .

وواضح من هذا كله ان الانسان انما يقوم بمناشطه المختلفة وهو مدرك تماما لما يفعل، ويحاول في هذه المناشط ان يسد حاجاته ومطالبه المتنوعة ، سواء في ذلك الحاجات والمطالب الفسيولوجية كالطعام والشراب ــ وهي مطالب اساسية ، او الحاجات والمطالب الاولية كالملبس والحاجة الى الدفء ، او اخيرا الحاجات والمطالب « ذات المستوى الرفيع » كالقراءة والاستماع الى الموسيقى والقيام بالرحلات ومالى ذلك . ومع انه لا يوجد حد اقصى لحاجات الانسان ومطالبه فثمة مطالب اساسية تعتبر هي الحد الادنى لاحتياجاته . وتختلف طبيعة ومضار وصور واشكال هذه الحاجات باختلاف البيئة الثقافية ، بل وايضا البيئة الفيزيقية ،

---

(٢) الرجع السابق ، صفحات ٥٨ ــ ٥٩ . والمعروف ان العالم الانثربولوجي البريطاني ادوارد بيرنت تايلور E.B. Taylor يستخدم الثقافة Culture والحضارة Civilization بمعنى واحد ، ويعرف الثقافة بقوله : « الثقافة او الحضارة ، بمعناها الاثنوجرافي الواسع ، هي ذلك الكل المركب الذي يشمل المعرفة والعقائد والفن والاخلاق والقانون والعرف وكل القدرات والعادات الاخرى التي يكتسبها الانسان من حيث هو عضو في مجتمع » .ــ انظر في ذلك:

Tylor, Primitive Culture, 1871 (Fifth Edition 1913) Vol. I, P.I.

راجع ايضا كتابنا عن « تايلور » في مجموعة نوابغ الفكر الغربي ، دار المعارف القاهرة ١٩٥٨ ، وكتابنا عن « البناء الاجتماعي : الجزء الاول ، المفهومات » ، الهيئة المصرية العامة للتاليف والنشر ، القاهرة والاسكندرية ، الطبعة الثالثة ١٩٧٠ ، صفحة ١٨٨ .

(٣) قد يمكن ان نسترشد هنا ــ مرة اخرى ــ بمثال على درجة كبيرة من البساطة ولكن له مدلوله في هذا الصدد ــ من كتاب وليام هاولز الذي سبقت الاشارة اليه . يقول هاولز « ان عصا الحفر التي من نوع معين مثلا والتي تستخدم في اقتلاع الخضروات البرية من الارض بقصد اكلها هي ثقافة . كذلك الحال بالنسبة لارتداء جلود الحيوانات طلبا للدفء .. وقد نجد عند القردة العليا مايجعلنا نذهب الى انها تملك مثل هذه الاشياء او تستخدمها . فهي تستخدم العصا مثلا في الحال ، وهي في القفص ، اذا نحن زودناها بالعصي واعطيناها شيئا مثيرا لكي تستخدم العصا من اجله .. والشمبانزي يستطيع استخدامها بطرق خاصة به ، بل انه قد يبتكرها بنفسه . والواقع انه كثيرا ما اكتسح مستعمرات الشمبانزي السجينة نزوات عارمة تستخدم فيها العصا لايقاع الاذى والشر بغيرها . ولكن هذا يحدث في الحقيقة بطريق المصادفة والعرض ، اى انه لايخلق عمدا ولا يحتفظ بمولابورث ، بل ولايمكن فهمه كاساس رتيب منتظم في حياة الشمبانزي .. اما الانسان فانه يستعمل هذه الاشياء ،ليس كمادة فحسب ، بل وايضا كافكار . فعصا الحفر ليست مجرد عصا قد يصادفها حوله ، وانما هي عصا (للحفر) تستخدم في اقتلاع (الخضروات) من الارض . صحيح انه قد يرحب باستخدامها احيانا في تاديب زوجته ، ولكنه حين يفعل ذلك يدرك انه يضربها (بعصا الحفر) . وزيادة على ذلك فان الشيء المهم ليس هو العصا ذاتها بقدر ماهو نمط العصا ، وهو نمط للسلوك . فالزمرة الاجتماعية هي التي تملكها ، وقد نعرف شخصا معينا يستخدم عصا الحفر للحصول على الخضروات كما نعرف افضل انواعها . وهذا النمط المعروف الذي ينتج عنه عصا الحفر هو العنصر الثقافي الفعلي ... وللانسان القدرة على حفظ هذه الافكار وتغييرها والاضافة اليها . وعلى ذلك فليس من الاسفاف ان نقول ان الفارق بين قمر يكتنجهام واحد الكهوف الذي يعرف سكانه اشعال النار الى جانب المدخل اقل ــ بشكل ما ــ من الفارق بين ذلك الكهف وكهف آخر لايستطيع سكانه اشعال النار » ــ نقلا عن ترجمتنا العربية للكتاب ، صفحتا ٦٠ ــ ٦١ .

وكذلك باختلاف الطبقة والعمر والجنس بل وحجم الجسم ومقدار النشاط وغير ذلك . والواقع انه كلما كانت هذه الحاجات والمطالب (ثانوية) زاد التنوع ، وان كان هذا لا يمنع من تنوع المطالب الأولية ذاتها . فالمجتمع الذي يعيش افراده في درجة حرارة يصل معدلها السنوي الى ٢٥ درجة مئوية مثلا يحتاج الفرد فيه الى عدد من السعرات الحرارية اقل بحوالي ٧٪ مما يحتاج اليه الفرد الذي يعيش في مجتمع لا ترتفع درجة الحرارة فيه الى اكثر من ١٠ درجات مئوية ، وذلك على افتراض تماثل المجتمعين في حجم السكان والتركيب العمري ومتوسط حجم جسم الافراد وما الى ذلك (٤) .

وليس ثمة شك في ان الانسان يحاول ان يشبع حاجاته المتنوعة بأساليب متنوعة أيضا وبعناصر مختلفة ... الخبز واللحم واللبن والقطن والصوف والوقود والورق والحديد والكهرباء والغاز وما اليها . واحدى وسائل تحقيق التوازن بين هذه العناصر المتنوعة المتغايرة هي الرجوع الى **قيمة الطاقة** التي يحتويها كل عنصر . والوحدة التي يقاس بها ذلك « الكالوري » وهذا يعني أن الحياة تعتمد على انسياب الطاقة وتدفقها .. فالانسان يحتاج الى الطاقة ، ولكنه هو نفسه ينتج الطاقة . ومعظم ما يأخذه الانسان من طاقة يفقده في شكل حرارة يستخدم بعضها في عمليات كيميائية ، وبعضها (حوالي ٦٠٪) يبذلها الجسم في شكل فضلات ونفايات ، ولكن البعض الآخر يتمثل على شكل النشاط العصبي والآلي . ومن المؤكد ان الانسان يستطيع استخدام طاقته الخاصة في التحكم في اشكال الطاقة الاخرى وتسخيرها لصالحه ، وهذا يؤدي بدوره الى السيطرة على البيئة الفيزيقية التي تحيط به والى تحقيق اهداف اعلى واسمى من مجرد الاهداف التي تتعلق بوجوده المادي او الحيواني (٥) .

والواقع ان الطاقة تصبح في متناول الانسان حين يكشف عن مصادرها وينجح في التحكم فيها والتغلب على مشكلة تحويلها من شكل لآخر ، في الوقت المناسب والمكان الملائم وبطريقة اقتصادية او تكاليف معقولة . ولكي يتحقق ذلك لا بد له من ان يعتمد على مختلف انواع محولات الطاقة . واقرب مثل لهذه المحولات الى الذهن هو القاطرة البخارية التي تقوم بتحويل الطاقة الحرارية الى طاقة ميكانيكية . وكل عملية من عمليات التحويل تتضمن بالضرورة استهلاكا وفاقدا في الطاقة . فالناتج من عملية التحويل ، اي مقدار الطاقة التي تحصل عليها في الصورة او الشكل المناسب تكون دائما اقل من الطاقة الداخلة او التي استخدمت في عملية التحويل ذاتها . كذلك تعتبر النباتات والحيوانات التي يتغذى الانسان على لحمها محولات للطاقة . فعن طريق التمثيل الضوئي يقوم النبات بتحويل ضوء الشمس والماء وغاز ثاني اكسيد الكربون والمعادن الى مواد عضوية تشتمل ـ ولكن بنسب مختلفة ـ على المكونات الثلاثة الرئيسية في الطعام ، وهي الكربوهيدرات والبروتين والدهون . وبالاختصار فان النباتات هي بالضرورة محولات تقوم بتحويل ضوء الشمس الى احدى صور واشكال الطاقة الكيميائية . اما الحيوانات التي يعيش الانسان على لحمها فانها تعتبر هي ايضا محولات للطاقة ، من حيث انها تقوم بتحويل احد اشكال الطاقة الكيميائية الى شكل آخر يناسب الانسان ويكون مفيدا له . فهي تتمثل النباتات التي لا يستطيع الانسان ان

(٤) Cipolla, Carlo M. ; The Economic History of World Population ; Pelican, London 1967, p. 33.

(٥) Ibid, p. 35.

يأكلها او يهضمها وتحولها الى بروتينات ، ودهون يمكن ان يتمثلها بدوره . ونظرا لان البروتينات الحيوانية أعلى في القيمة الغذائية من الكربوهيدرات فان الانسان يجد من الملائم له أحيانا ان يستخدم الحيوانات كمحولات بان يطعمها حتى بالنباتات التى يستطيع ان يعيش عليها ويتغذى عليها بسهولة . ومع ذلك فان الحيوانات ومعظم النباتات لا تعتبر – من الناحية التكنولوجية البحتة – محولات على درجة عالية من الكفاءة ، نظرا لان جانبا كبيرا جدا من الطاقة الداخلة تستنفد في عملية حفظ حياة تلك الحيوانات ، او النباتات ذاتها والابقاء عليها . بل ان الفاقد في الحيوانات يكون أكبر بكثير منه في النباتات . ذلك ان الانسان حين يتناول النباتات كجزء من طعامه فانه يحتفظ بجزء معين فقط من الطاقة الكامنة فيها ، ولكنه حين يأكل البروتين الحيوانى فانه لا يحصل الا على جزء من الطاقة التى كانت تحتويها النباتات التى أكلتها الحيوانات ، **وبذلك فانه لا يحصل الا على جزء من جزء** من الطاقة التى كانت في النبات . وهذا هو السبب الرئيسى في ان المجتمعات الفقيرة تعتمد على الكربوهيدرات النباتية بدلا من ان تعتمد على البروتينات الحيوانية . فكفاءة الحيوانات التى يعيش الانسان على لحمها في اداء دورها كمحولات تقوم بتحويل احد اشكال الطاقة الكيميائية (العشب او العلف) الى شكل آخر للطاقة (اللحم) يمكن تقديرها بانها ١٠٪ تقريبا .. (٦) .

وحين ظهر الانسان العاقل على هذه الارض كانت النباتات والحيوانات التى تقوم بدور المحولات موجودة بالفعل من قبل . والواقع ان الانسان العاقل ظل خلال الجزء الاكبر من حياته وتاريخه لا يفعل شيئا سوى تعقب الحيوانات وتتبعها ، او جمع النباتات والثمار والدرنات . وكانت كل معرفته تنحصر في اى الحيوانات والنباتات يصلح كطعام ، وايها لا يصلح . وكل هذا معناه ان الانسان كان ينفق وقته وجهده وطاقته في البحث عن الطعام ، معتمدا في ذلك على الحظ وعلى قدرته على قتل الحيوانات ، او حتى قتل غيره من بنى البشر ، وانه كان مهددا طيلة الوقت بالمجاعات مما كان يدفعه في كثير من الاحيان الى قتل اولاده والتغذي بلحومهم . والواقع ان استخدام الطاقة في القنص والجمع كان وسيلة لتوفير القوت للانسان خلال ما يزيد على ٩٩٪ من تاريخ الانسانية . ولم يبدأ الانسان في استثمار طاقته في الزراعة الا خلال العشرة آلاف سنة الاخيرة فقط او نحو ذلك ، مما ترتب عليه من زيادة في الانتاج بالنسبة للوحدة . وقد ادى ذلك الى تحول معظم الجماعات التى كانت تعيش على القنص الى الزراعة والفلاحة ، وان كانت هناك جماعات كثيرة لا تزال تعيش على الصيد والجمع ، او تجمع بين الاثنين كما هو الحال في كثير من الشعوب الافريقية ، وعند جماعات الاسكيمو في آلاسكا وكندا وجرينلند .

والسؤال الذى يتبادر الى الذهن ازاء هذا التنوع في اساليب العيش والنشاط الاقتصادى وما يرتبط بهذا كله من تنظيم اجتماعى هو : ما هى خصائص انماط انسياب الطاقة Flow of Energy في هذه الجماعات المختلفة ، سواء تلك التى تعيش على الجمع والالتقاط او الصيد والقنص او الزراعة ، او الصناعة ؟ وكيف يمكن توجيه واستغلال الطاقة المتاحة في اوجه النشاط المختلفة حتى يمكن لمثل هذه الجماعات ان تعيش وتستمر في الوجود ؟

●●●

(٦) Ibid, pp. 35-38

(١)

في عامي ١٩٦٧ ، ١٩٦٨ قام **وليام كمب** William B. Kemp بدراسة مركزة لبعض جماعات الاسكيمو المنعزلة في المنطقة القطبية الكندية الشرقية اهتم فيها بوجه خاص بدراسة الاوضاع الاجتماعية والاقتصادية في قريتين تمثلان درجتين مختلفتين من التقدم والتحضر ، بحيث تعكس احدى القريتين اسلوب الحياة التقليدية القديمة التي ظلت سائدة قرونا طويلة بين الاسكيمو ، بينما تمثل القرية الثانية نمط الحياة الحديثة التي تعتمد على اساليب تكنولوجية اكثر تقدما في عملية صيد اسماك الصيد الكبيرة التي يعتمد عليها الاسكيمو في معاشهم وفي كثير من نواحي حياتهم اليومية الاخرى . ومع ان كمب اراد من دراسته ان يحيط بكل نواحي النشاط البشري والتنظيمات الاجتماعية وانماط الثقافة عند الاسكيمو ، فانه **اتجه اتجاها يعتبر جيدا الى حد ما** ، او على الاقل تطويرا لبعض الاراء النظرية السابقة في الفكر الاجتماعي والانثربولوجي ، واعني بذلك دراسة درجة انسياب الطاقة وتوجيهها في المجتمع (قرى الاسكيمو في هذه الحالة) ، وذلك عن طريق قياس الطاقة المبذولة والعائد على العائلات هناك اثناء نشاطها اليومي ، ومدى تأثر هاتين الناحيتين (اي الجهد البشري المبذول في الصيد والعائد المادي) بالتجديدات التي طرات على اساليب الصيد وتحول الاقتصاد التقليدي الى اقتصاد نقدي . ولقد كان من اول واهم ما لاحظه كمب هو انه في مثل ذلك الجو البارد القارس فان استمرار حياة الانسان تتوقف على مطلبين اساسيين هما : الحصول على قدر مناسب من السعرات الحرارية وذلك في شكل الطعام الذي يأكله ، والثاني هو محاولة توفير الجو والمناخ الملائمين وذلك في ... المسكن والملبس ... والوسيلة الوحيدة لتحقيق المطلب الاول هي صيد اسماك الصيد والتغذي عليها وان كان الناس من القرية الحديثة يستكملون طعامهم عن طريق شراء الطعام المستورد ، كما انهم يستخدمون في الصيد وفي قنص بعض الحيوانات البارود والاسلحة التي كانوا يشترونها عن طريق النقود التي يحصلون عليها من بيع الفراء والجلود (منتجات الصيد) والاحجار المنحوتة والعاج المنقوش (اي منتجات الكفاءة والمهارة الفنية) كما ان قدرا من هذه النقود كانوا يصرفونه في شراء الوقود اللازم لقوارب الصيد الحديثة . وباختصار فان استمرار حياة الفرد والمجتمع كان يتطلب بذل الطاقة في تتبع الصيد وصناعة الاشياء والسلع الفنية . ومن هذا كله فان الرجل العادي يحصل على ٣٠٠٠ وحدة حرارية (سعرات) يوميا ، وهو قدر يكفي لاستمرار النشاط المطلوب على المستوى اللازم ، او على بعض الشيء من المستوى اللازم ... ويواصل كمب دراسته الطريفة ـ وهي في عمومها دراسة في الايكولوجيا الثقافية ـ ليبين الفرق بين القريتين في طريقة بناء الاكواخ او المساكن ، سواء في ذلك المساكن التقليدية المغطاة بالجلود والقرارات المحشوة بالاعشاب والشجيرات والتي يصل سمكها الى حوالي عشر بوصات ، او المساكن الحديثة المصنوعة من الخشب المجهز آليا والتي تزودهم بها السلطات الحكومية هناك . وتضاء المساكن من الداخل عن طريق استخدام دهن الحيوانات والاسماك وشحومها . ويلاحظ كمب مثلا ان الشحم والدهون والزيوت التي يحصل عليها الاسكيمو من احدى اسماك الصيد التي يبلغ وزنها مائة رطل في منتصف الشتاء يصل الى حوالي ٦٤٠ اوقية وهي كمية تكفي لتدفئة المسكن المتوسط لمدة ستين ساعة بصفة مستمرة وبدرجة حرارة تصل الى حوالي ٦٨ درجة فرنهيتية وبمعدل حوالي ٥٦ درجة . والدراسة في عمومها تسير على هذا المنوال الذي يحرص فيه

الكاتب على ان يبين ان الحياة في هذا المجتمع انمايمكن فهمها وتفسيرها في ضوء عامل واحد هو الطاقة : الطاقة التي يستمدها الانسان من الطبيعة ، والطاقة التي يبذلها في اداء العمل والانتاج الذي يستمد منه الطاقة اللازمة وهكذا . فدورة الطاقة او انسياب الطاقة هو اذن العنصر الاساسي لفهم تركيب المجتمع والنظام الاجتماعي وبخاصة النظام الاقتصادي (٧) . بل الاكثر من ذلك هو ان نفس التركيب الجسمي يكشف عن مدى القدرة على اختزان الطاقة التي سوف يبذلها الجسم فيما بعد في العمل الشاق المضني الذي يتطلبه الصيد . فالاسكيمو كغيرهم من سكان المناطق الباردة يميلون الى السمنة كما تميل اطرافهم الى القصر والاكتناز . وهذا معناه قلة سطح الجلد الذي يفقد الحرارة وكثرة كمية الدهن الذي يحتفظ بتلك الحرارة .. والحرارة طاقة في آخر الامر .

والشيء نفسه يمكن ان يصدق ـ ولكن بطريقة اخرى مختلفة ـ على الشعوب الاخرى التي تعيش على جمع الطعام ، وتنفق في سبيل ذلك قدراهائلا من الطاقة ، يتناسب مع طبيعة العمل الذي يقومون به . وربما كان خير مثال لذلك ـ وهو مثال يناقض الاسكيمو تماما ـ هو جماعات البوشمن في جنوب افريقيا الذين يواجهون مشكلة كبرى في تتبع القنيصة للقضاء عليها بالقوس الصغيرة والسهام المسمومة . وقد تكون الاصابة غير قاتلة تماما ، ولذا يركض الحيوان الجريح هاربا بسرعة تفوق بالطبع سرعة الانسان ، فيتتبع الصياد اثره . وقد يقتضيه ذلك بضعة ايام يقطع مسافة طويلة متحملا كثيرا من المشقة والتعب .. وحتى نتبين اهمية المهارة البشرية الخالصة وقوة الاحتمال في هذا النوع من القنص يكفي ان نذكر ان الصياد هناك يستطيع بالفعل ان يطارد الظبي الافريقي Springbuck ـ حتى ولو لم يكن جريحا ـ الى ان يقتله ، وذلك بان يتعقبه بحيث لا يترك له اية فرصة للراحة ، وبخاصة في الجو الحار ـ الى ان تؤدي الرمال الساخنة الى انفصال حوافره فيعجز تماما عن الحركة (٨) .

الا ان كل هذه الطاقة البشرية التي يبذلها الانسان في الصيد وتتبع القنيصة تستكمل عن طريق وسائل اخرى وادوات متنوعة مثل الفخاخ والزبى والمهاوى والشباك والحراب ، سواء كان ذلك في صيد السمك او الحيوان . وتعتبر هذه الوسائل عاملا مساعدا للطاقة التي يبذلها الانسان في عمله ، بحيث توفر عليه بعض تلك الطاقة ، كما انه قد يستعين بطاقة الحيوانات الاخرى كالكلاب في القنص ... بيد ان حرارة الجو وظروف البيئة الفيزيقية تملي عليهم ان يقيموا مساكنهم بطريقة مخالفة لتلك التي نجدها عند الاسكيمو . فهم يقيمون في اكواخ صغيرة مؤقتة تقام من فروع الاشجار التي تثبت في الارض ثم تغطى بالحشائش او بالحصير المجدول من النباتات العشبية او الجلود . وبينما يستطيع الاسكيمو تخزين الطعام لمدد طويلة في الجليد فان حرارة الجو تمنع من ذلك عند البوشمن ، ولا تسمح بالاحتفاظ بالطعام لاكثر من يوم او نحو ذلك ، ولذا فانهم يرون ان « افضل موضع يوضع الطعام فيه هو المعدة » ، وهذا في حد ذاته يزودهم بالطاقة اللازمة لاعمال الصيد . فهم يتجولون في جماعات او زمر صغيرة العدد ،او حتى في عائلات ، بحثا عن الصيد . بل ان هجرة

---

(٧) راجع في ذلك مقالا كتبه كمب نفسه بعنوان :

The Flow of Energy in a Hunting Society, Scientific American Vol. 224, No. 3, Sept. 1971, pp. 105-113.

(٨) راجع ترجمتنا العربية لكتاب هاولز « ماوراء التاريخ » المرجع السابق ذكره صفحة ١٦٨ . انظر ايضا : ـ

Forde, C. Daryll, Habitat, Economy and Society : A Geographical Introduction to Ethnology, Methuen, London 1952, pp. 24-32.

الحيوان الموسمية تضطرهم الى تغيير مواطن اقامتهم . ومعظم تفكيرهم يدور حول مشكلة الطعام الذى يمدهم بالطاقة . ونظرا لفقر البيئة التى يعيشون فيها فانهم يضطرون الى ان يتناولوا صنوفا من الطعام قد تعافه الشعوب الاخرى ، وبذلك فانهم لا يفاضلون بين مختلف انواع الطعام ، وانما يكادون ياكلون كل ما يستطيعون هضمه من ظباء واسود وضباع وفيران وثعابين وسحالى وعقارب وضفادع وحشرات وديدان وكل انواع الثمار والدرنيات . بل انهم لا يكادون يحفلون بحالة الطعام ، ولذا فانهم ياكلون اللحم المتعفن وبيض النعام القديم الفاسد ، وهذا فضلا عن انهم ياكلون بشراهة ونهم حين يوجد الطعام ، ثم يقنعون بوجبة ضئيلة جدا حين يعز الطعام . ويبدو ان تلك الشراهة او ذلك النهم فى الاكل هو من خصائص ومميزات كل الشعوب والجماعات التى تعيش على الصيد والقنص نظرا للظروف التى يعيشونها (٩) . وعلى العموم فان حياتهم تعطينا صورة طيبة عما كانت عليه الاوضاع فى العصر الحجرى الوسيط .

هذان المثالان من جماعات الجمع والصيد والقنص « البدائية » التى يعتبرها الكثير من علماء الاجتماع والانثربولوجيا ممثلة لمجتمعات وثقافات العصر الحجرى الوسيط يمكن ان نستخلص منها بعض المبادىء المتعلقة بسير الحضارة وتطورها ، واعتماد ذلك التطور على الطاقة التى يستمدها الانسان من الطبيعة ويختزنها ، لكى يبذلها من جديد فى العمل وفى الانتاج الحضارى ، بالمعنى الواسع للكلمة .

فالانسان فى هذه المرحلة من مراحل التطور الحضارى او الثقافى يضطر الى الرحلة والانتقال عبر مساحات شاسعة من الارض بحثا عن الطعام ، وهذا فى حد ذاته مقياس ودليل كاف لقدرة الانسان على حل المشكلات التى تواجهه فى حياته اليومية ، وبخاصة مشكلة توفير الطعام والقوت وبالتالي توفير الطاقة ، او على الاصح مايعرف باسم طاقة الوضع Potential Energy التى يمكنه استخدامها فيما بعد . ويتحكم فى هذه الهجرات والانتقالات والتحركات بظروف من الاوضاع الجغرافية السائدة مثل البرودة والحرارة الشديدة المتطرفة واتساع المناطق التى يغطيها الجليد او الماء والجبال او الصحارى الرملية القاسية ، ولكن الاهم من ذلك كله هو خضوع هذه التحركات لعامل قلة الطعام وندرة الماء فى بعض الاحيان كما هو الحال فى الصحارى بالذات ، وما يستلزمه ذلك من ضرورة الدفاع عن الاراضى التى تقيم فيها تلك الجماعات ، أو تتحرك وتتنقل بين ربوعها باعتبارها كلها مواطن لها ، وهى مناطق تختلف من موسم لآخر تبعا لوفرة الحيوانات والاسماك التى يصطادونها او الدرنات والثمار التى يجمعونها . وتكشف هذه التحركات والهجرات عن قدرة الانسان الفائقة ـ حتى فى تلك المرحلة المبكرة او الدنيا من مراحل التطور البشرى والحضارى ـ على ان يكيف نفسه ويعدل من سلوكه واستجاباته بما يتلاءم مع الظروف والاوضاع التى تحيط به ، مستخدما فى ذلك ذكاءه وخبراته السابقة وخبرات غيره من الناس ، وهى امور ينفرد بها الانسان عن الرئيسات غير البشرية Non-Human Primates التى تتصرف فى

(٩) مما يذكره وليام هاولز (المرجع السابق ذكره ، صفحة ١٦٣) عن نهم البوشمن ان الكثيرين من الناس قد شاهدوا « شخصين اثنين من البوشمن ياتيان على شاة كاملة او على كميات مماثلة من لحوم الحيوانات المتوحشة فى نصف يوم .. وحين اقول هنا (شاة كاملة) فانى لا اعنى الاجزاء التى نفضلها نحن فحسب ، وانما اعنى ايضا الامعاء وما اليها ... ولا مراء فى ان هذا عمل فذ وليس مجرد شىء يمكن لاى انسان ان يقوم به بغير تدريب وترويض طويلين ، وهو اقل مايمكن ان يوصف به » .

العادة بطريقة تلقائية واستجابة للغريزة . صحيح ان بعض الكائنات شبه البشرية قادرة على الاستفادة من الخبرة السابقة ، ويتمثل ذلك في ابسط مظاهره في استخدام بعض تلك الكائنات (للادوات البسيطة) مثل فروع الاشجار في الحفر او الحجارة في الطرق والكسر والقذف . ولكن الانسان المبكر او الانسان الاول يتفوق عليها كلها في قدرته على صقل وتهذيب تلك « الادوات » بل وتنويعها مما يعنى انه **حتى في اكثر مراحل التطور تبكيرا كان الانسان يدرك تماما الفكرة والهدف من صنع تلك الادوات واستخدامها ، وانه كان يصنع تلك الادوات عن وعى وادراك من اجل تغيير البيئة الطبيعية او التغلب عليها واخضاعها لصالحه واشباع حاجاته ومطالبه** . ومن هذه الناحية وعلى هذا الاساس نجد كثيرا من العلماء يرفضون استخدام كلمة « أدوات » الا للاشياء المادية التى تستخدم عمدا وعن قصد ووعى وادراك لتغيير البيئة الفيزيقية ، وهم بذلك يرون ان صنع « الادوات » واستخدامها ــ بهذا المعنى ــ خاصة يتميز بها البشر وبعض اشباه البشر من الرئيسات غير البشرية . وتستخدم الرئيسات العليا (الادوات) بنفس الطريقة التى تستخدم بها اجسامها . فهى تستعين باطرافها او حتى بجسمها كله في الدفع والضرب والطرق والقطع والجذب وما الى ذلك ، وليست « الادوات » في هذا كله سوى امتداد للجسم ذاته ولو انها تساعد تلك الرئيسات على ان يكون سلوكها وافعالها اكثر فعالية نظرا لان هذه « الادوات » تصنع من مواد اكثر قوة واحتمالا وصلابة من عضلات الجسم[١٠] .

وليس من شك في ان الانسان الذى يعتبر ارقى الرئيسات واكثرها ذكاء وقدرة على التكيف قد استخدم خلال كل مراحل تاريخه انواعا عديدة من الالات والادوات المتفاوتة في البساطة والتعقيد ، وبخاصة في الاعمال التى تتطلب معدلات لبذل الطاقة اكبر مما يستطيع ان يحصل عليه من جسمه هو وحده . ومن هذه الناحية فان الالات تساعد الانسان في « خفض **المعدل اللازم** لبذل الطاقة الى منسوب يقع في حدود مقدرة الجسم البشرى » . ولكن رغم كل هذه الالات التى ابتكرها الانسان خلال الالاف الطويلة من السنين فقد ظل « مقيدا بمورد جسمه للطاقة » ، شانه في ذلك شان كل الكائنات الحيوانية الاخرى[١١] . وواضح ان الانسان يبذل الطاقة ويؤدى (الشغل) لكى يعد للمستقبل ، وهو في هذا كله يصدر عما يتميز به من التبصر البشرى الذى لا يتوفر لغيره من الكائنات .

---

(١٠) ليس من شك في ان هذا كله لم يكن ليتحقق لولا ما تتمتع به هذه الرئيسات العليا من قدرة على الاستبصار او ادراك ما يحتمل وقوعه في المستقبل . فهذا الاستبصار هو الذى يساعد البشر واشباه البشر على ان يقوموا بافعالهم عن وعى وادراك بما في ذلك صنع الاشياء التى يستخدمونها في تحقيق اغراضهم واهدافهم . ومن المؤكد ان الرئيسات غير البشرية لا تستخدم الادوات في صنع ادوات اخرى ، وانما هذه خاصية مميزة للرئيسات العليا فقط من البشر واشباه البشر ، وهذه الادوات تساعد في آخر الامر على توفير الطاقة المبذولة لتحقيق الهدف المنشود بدرجة عالية من الكفاية . انظر في ذلك : ــ

Watson, R.A., and Watson, Patty Jo ; Man and Nature : An Anthropological Essay in Human Ecology, Harcourt, Brace & World, N.Y. 1969, pp. 68-72.

(١١) انظر كتاب : أسيمون (ايزاك) : « الحياة والطاقة » ترجمة الدكتور سيد رمضان هداره ــ دار المعرفة ــ القاهرة ١٩٦٨ صفحة ١٢ .

ومن الامور المهمة في هذا الصدد ليس فقط البحث عن الغرض الذي من اجله يبذل الانسان الطاقة ، بل وايضا البحث عن الكيفية التي يفعل بها ذلك . اذ ليس من شك في ان هناك معدلا له نهاية قصوى محددة وثابتة يستطيع بها المرء ان يقوم بالشغل . ومع ان الانسان قد تكون لديه طاقة كامنة لاداء عمل معين اذا ما اعطي الوقت الكافي لذلك ، فقد لا تتوافر لديه القدرة الكافية لذلك الغرض . والمقصود بالقدرة هنا « المعدل الذي تبذل به الطاقة » . فلكل كائن حي قدرة معينة ثابتة يمكن بذلها ، وحيث لا يستطيع الكائن الحي استخدام طاقته بطريقة معينة وباعلى كفاية فانه يستطيع ان يستعين بالاشياء الخارجية كالادوات (١٢) كذلك يستطيع الانسان من حيث هو اكثر ذكاء من بقية الكائنات الحية تنظيم مجهوده بوعي وادراك لاحداث المستقبل اكثر من الفصائل الاخرى : فهو يبذر الحبوب ويرعاها ويبذل في ذلك كثيرا من الجهد خلال شهور طويلة على الرغم من عدم وجود عائد فوري على الاطلاق . ولكنه يدرك طيلة الوقت ان ذلك الجهد سوف يضمن له في آخر الامر موردا للغذاء خلال اوقات الشدة .

والنتيجة التي نود الوصول اليها من هذا كله هي ان الانساق الحضارية او الثقافية ـ شأنها في ذلك شأن الكائنات العضوية البيولوجية ـ تبذل في محاولتها اداء وظائفها والمحافظة على كيانها وممارسة انشطتها المختلفة قدرا من الطاقة التي تحصل عليها من نفس البيئات التي تقوم فيها تلك الحضارات . وسوف نحاول في الاجزاء التالية من هذه الدراسة ان نختبر هذا الحكم وندلل على مدى صحته عن طريق الاشارة الى عدد من المجتمعات والثقافات التي تمثل مراحل مختلفة من التطور الحضاري .

(٢)

يرجع معظم الفضل في تشبيه المجتمع الانساني بالكائن العضوي الحي الى علماء الاجتماع والانثربولوجيا التطوريين في القرن التاسع عشر ، ولو ان هذا التشبيه ، او ما يعرف على الاصح باسم المماثلة البيولوجية Biological Analogy انتقل الى عدد قليل من العلماء من اتباع المدرسة الوظيفية في اوائل القرن العشرين . ثم ظهرت النزعة نفسها بعد ذلك بشكل قوي وواضح عند اصحاب النزعة التطورية الحديثة من العلماء المعاصرين الذين اضافوا ابعادا جديدة الى التطورية الكلاسيكية التي كانت تسود في القرن الماضي (١٣) ، واحد تلك الابعاد يتمثل في تصورهم للانساق الثقافية والحضارات الانسانية على انها عمليات ديناميكية لها القدرة على الامتداد والتشعب والانتشار والنمو كميا وكيفيا على السواء ، شأنها في ذلك شأن الكائنات العضوية البيولوجية . **فمن الناحية الكمية** فان الحضارات تمتد وتنتشر عن طريق « التكاثر » او « التناسل » ـ ان صحت هذه التسمية ، بمعنى ان الجماعات الانسانية تزداد في الحجم وتنقسم وتتفرع طيلة الوقت بحيث يظهر عنها مجتمعات جديدة لها ثقافات وحضارات جديدة ، يتفرع عنها بدورها ثقافات

---

(١٢) المرجع السابق ، صفحة ٩ .

(١٣) انظر مقالنا عن « التطورية الاجتماعية » مجلة عالم الفكر ، المجلد الثالث ، العدد الرابع ، صفحات ١٠٤٣ ـ ١٠٦٨ .

وحضارات اخرى فرعية لا تلبث ان تنمو وتتطور لتتفرع من جديد وهكذا . وهذا التفرع في الحضارات والانساق الثقافية التي تتخذ صوراً واشكالاً متنوعة يعني في نظر هؤلاء العلماء الامتداد والانتشار والنمو الكيفي للحضارة وهو يرتبط ارتباطاً وثيقاً بمقدار الطاقة التي تخضعها كل حضارة من تلك الحضارات وتتحكم فيها او تبذلها في مختلف نواحي النشاط الاجتماعي والاقتصادي. ذلك ان درجة التنظيم في اي نسق مادي يتناسب تناسباً طردياً مع مقدار او كمية الطاقة التي **يستخدمها** ذلك النسق . فكلما زاد نصيب الفرد في السنة من الطاقة التي يتحكم فيها النسق الاجتماعي الثقافي زاد حجم ذلك النسق من ناحية ، ووصل الى مستوى اعلى في سلم التطور او التقدم الذي يتمثل في تحقيق اكبر من التفاوت او التفاضل البنائي من ناحية اخرى. ومؤدى هذا كله انه يمكن في راي هؤلاء العلماء النظر الى الثقافة او الحضارة على انها نسق حراري ديناميكي Thermodynamic يمكن تحليله الى ثلاثة عناصر رئيسية هي : الطاقة والآلات والانتاج . فالحضارة او الثقافة هي عمل آلي لاشباع حاجات الانسان ، ولكي يتحقق ذلك فلا بد من التحكم في الطاقة وتشغيلها . بيد ان استخدام الطاقة يتطلب توافر اجهزة واساليب ووسائل تكنولوجية هي التي نطلق عليها اسم « ادوات » او « آلات » ونستخدمها في التحكم في الطاقة وتحويلها وبذلها من اجل « انتاج » السلع والخدمات التي تشبع حاجات الانسان المختلفة . وعلى ذلك فان صيد السمك – على ما يقول الاستاذ **ليزلي وايت** Leslie White – وصنع الفخار وقص الشعر ، وثقب الاذنين لتعليق الاقراط ، وبرد الاسنان من اجل التجميل ، ونسج الملابس وما الى ذلك من العمليات الثقافية الكثيرة هي امثلة التحكم في « الطاقة » وبذلها عن طريق الوسائل والاساليب الآلية من اجل اشباع حاجات ومتطلبات بشرية معينة . ومن هنا فانه يمكن النظر الى العملية الثقافية او الحضارية على انها قدرة محركة Motive Power ووسيلة للتعبير واشباع للحاجات والمطالب (١٤) .

وحين يتكلم العلماء عن الطاقة فانهم يقصدون « القدرة على اداء الشغل » . فالشغل والطاقة كلمتان او مصطلحان يكادان يكونان مترادفين ، او على الاصح يمكن تعريف كل منهما بالاشارة الى الآخر . فحين نحرك قطعة من الحجر مثلاً من مكان لآخر ، او نعيد تشكيلها عن طريق الشطف او الكسر فاننا نبذل طاقة ونؤدي عملاً ، ونقوم بالشغل (انظر في ذلك التمهيد الخاص بهذا العدد) . كذلك يمكن التمييز في الكلام عن الطاقة بين المظهرين الكمي والكيفي او الصوري . فمن **الناحية الكمية** يمكن قياس الطاقة باستخدام وحدات محددة ومعيارية مثل الارج والسعرات (الكالوري) والوحدات الحرارية البريطانية British Thermal Units وغير ذلك . وعلى هذا الاساس يمكن المقارنة بين مقادير الطاقة المختلفة . **اما من الناحية الكيفية** فان الطاقة تنعكس وتظهر في عدد كبير جداً من الاشكال والصور .. (١٥) فهناك الطاقة الذرية والطاقة

---

(١٤) يذهب ليزلي وايت في كتابه عن « تطور الثقافة The Evolution of Culture » الى انه يمكن التعبير عن ذلك كله في صيغة رياضية بسيطة هي : E × T ← وفي هذه الصيغة تشير E الى الطاقة Energy و T الى الاساليب التكنولوجية Technological Means و P الى المنتوجات او Product وبذلك يمكن ترجمة هذه الصيغة على النحو التالي : الطاقة × الاساليب التكنولوجية ← الناتج او السلع المنتجة التي تخدم حاجات ومتطلبات الناس . انظر في ذلك :

White, L.A. ; Evolution of Culture, McGraw-Hill, N.Y. 1959, p. 40.

(١٥) Loc. Cit.

النجمية والطاقة الخلوية ، وبالمثل يمكن القول بوجود الطاقة الثقافية او الحضارية . ومن وجهة نظر الانساق الثقافية فان الاشعاع الشمسي والنباتات والحيوانات والرياح والمياه المتحركة وكل انواع الوقود والجزيئات والذرات هي صور للطاقة لها دلالتها واهميتها من حيث انها تدخل في الانساق الثقافية والحضارية . والمعروف انه لا يمكن خلق الطاقة من لا شيء ، كما انه لا يمكن القضاء عليها او افناؤها او ابادتها وازالتها ، وكل ما يمكن عمله هو تحويلها . وعلى ذلك فانه يمكن القول ان الانساق الثقافية تعمل عن طريق التحكم في الطاقة بشكل او بآخر ، وتحويلها الى انتاج سلع وخدمات تشبع حاجات الانسان المختلفة . وتختلف الانساق الثقافية وتتنوع من حيث هي وسائل للتحكم في الطاقة ، وقد يكون بعضها اكثر فعالية من البعض الآخر في هذا الصدد . فقد يستطيع احد الانساق التحكم في وحدات معينة من الطاقة بالنسبة للفرد في السنة ، بينما يتحكم نسق آخر في عدد اكبر او اصغر من تلك الوحدات وهكذا . وتنحصر اهمية ذلك في العلاقة بين مقدار او كمية الطاقة التي امكن التحكم فيها من ناحية ، وعدد الاشخاص الذين امكن اشباع رغباتهم بهذه الوسيلة من ناحية اخرى . وعلى هذا الاساس يمكن المقارنة بين الثقافات بالرجوع الى كمية الطاقة التي امكن التحكم فيها واستخدامها بالنسبة للفرد في السنة ، او قد يمكن عقد المقارنات بالرجوع الى « القدرة » ـ اي معدل اداء العمل ـ ثم تصنيف الثقافات في حدود والفاظ « قوة حصان » بالنسبة للفرد .

وبطبيعة الحال فان مصدر الطاقة التي امكن بها تشغيل واقامة الانساق الثقافية المبكرة والحضارات الاولى في بداية تاريخ الجنس البشري نفسه . فالطاقة التي امكن بها تنظيم الادوات والمعتقدات والعادات والشعائر والعواطف في نسق له وظيفة Function انما كانت تستمد من الانسان ذاته ... كان الانسان مصدر القوة التي امدت الانساق الثقافية والحضارة الأولى بالقوى المحركة ، ان امكن هذا التعبير . وليس ثمة شك في ان مقدار الطاقة التي يستمدها النسق الثقافي من مثل هذا المصدر (اي الانسان) كان صغيرا . فالانسان البالغ العادي يستطيع ان يولد ١/١٠ قوة حصان او ٧٥ واط فقط . ولكن مع ذلك فان معامل القدرة في النسق الثقافي الذي يستمد كل طاقته من الكائنات العضوية البشرية ليس ١ر. قوة حصان لكل فرد على حدة ، لاننا حين نأخذ في الاعتبار كل افراد المجتمع من رجال ونساء واطفال وشيوخ ومرضى وضعاف وعجزة فان المتوسط سيكون اقل من ذلك بطبيعة الحال ، وربما لا يزيد عن ٥٠ر. أو ١/٢٠ قوة حصان للفرد . ولما كانت كمية السلع والخدمات التي تشبع الحاجات البشرية تتناسب مع كمية او مقدار الطاقة المتحكم فيها بالنسبة للفرد ، فان النسق الثقافي او الحضاري الذي يعمل معتمدا على الطاقة المستمدة من الكائن العضوي البشري وحده لا بد ان تمثل ادنى حد لامكانيات الانساق الثقافية والحضارية ، وبذلك فان مثل هذه الانساق الثقافية لا بد ان تكون في اسفل سلم التطور الحضاري ، سواء فيما يتعلق بالطاقة المستخدمة بالنسبة للفرد ، او فيما يتعلق بالسلع والخدمات الخاصة باشباع الحاجات والمطالب البشرية والمنتجة بالنسبة للفرد ايضا . وهذا لن يمنع من وجود اختلافات وتباين بين الانساق الثقافية التي تعتمد على الطاقة البشرية وحدها ... ذلك ان « عامل » الطاقة يمكن ان يتغير تبعا لاستهلاك السعرات اليومي ، كما ان « عامل » الآلة يتغير تبعا لدرجة الكفاءة . وعلى ذلك ، وبصرف النظر عن اختلافات الموطن او البيئة التي تنشأ فيها الحضارة والتي تختلف بطبيعة الحال من قبيلة لاخرى في المجتمعات البدائية فسوف نجد ان ثمة

درجة لا بأس بها من التنوع فى الانساق الثقافية . **فمقدار الطاقة التى يتم التحكم فيها بالنسبة للفرد فى السنة هو العامل الاساسى فى هذه الحالة، بينما العاملان الاخران (الالات والانتاج) لن تكون لهما اهمية تذكر ـ ان كانت لهما اهمية على الاطلاق ـ بدون عامل الطاقة . فبدون الطاقة لن يكون ثمة معنى للالات والادوات ولن يكون ثمة انجاز لاى عمل او اى انتاج . وبقول آخر ، فان عامل الطاقة هو الذى يزود المجتمع بمقياس موضوعى ومعقول يمكن به قياس كل الحضارات وليس فقط الحضارات او الثقافات البسيطة ـ ومدى تطورها ، وبذلك يمكن الحكم على احدى الحضارات او احد الانساق الثقافية بالتقدم او التخلف تبعا لمقدار الطاقة المتحكم فيها بالنسبة للفرد فى السنة (١٦) .**

وكما سبق ان ذكرنا فانه لكى يستطيع المرء باخذ فكرة واضحة عن الانساق الثقافية والحضارية « البدائية » التى تقوم على انتاج واستخدام الطاقة المستمدة من الكائن العضوى البشرى وحده فانه يحسن دراسة عدد من الثقافات الموجودة فى الوقت الحالى ، والتى تعكس مع ذلك نفس الملامح التكنولوجية الاساسية التى لابست المراحل الاولى مثل سكان تسمانيا او جزر الاندمان او جماعات الاقزام فى افريقيا او اهالى استراليا الاصليين ، وما الى ذلك من الشعوب والاقوام « البدائية » التى تزخر بالاشارة اليها كتابات الانثربولوجيين ، وعدد كبير من الرحالة . والواقع ان العوامل التكنولوجية والبيئية تعمل معا جنبا الى جنب فى ابراز الاختلافات الثقافية بصرف النظر عن مصدر الطاقة المتحكم فيها وحجمها . ولكن مهما يكن من اختلافات الثقافات الحديثة التى تعتمد على الطاقة البشرية وحدها فى التفاصيل ، فانها كلها تتشابه فى ناحية واحدة جوهرية هى عجزها او قصورها عن السيطرة على العالم الخارجى تماما وعن انتاج السلع التى تشبع الرغبات البشرية لكل وحدة من وحدات العمل الانسانى ، وذلك فضلا عن بساطة فلسفاتها او انساق المعرفة والاعتقاد فيها . وكما سبق ان ذكرنا اكثر من مرة فان ادلة كثيرة تشير الى ان الثقافات والحضارات الاولى تشبه الى حد كبير ثقافات وحضارات بعض المجتمعات البسيطة الموجودة حاليا ، والتى لاتعتمد الا على الطاقة الكامنة فى الجسم البشرى وحده ، ولو انها قد تكون اكثر تقدما من الناحية التكنولوجية . وليس من شك فى ان الانسانية كانت خليقة بان تظل فى اولى مراحل التخلف والبداوة لو لم يتمكن الانسان من ان يزيد من موارد الطاقة المتاحة له . فالانساق الثقافية لا ترقى ولا تتطور بالذكاء البشرى وحده ، او بالقيم الثقافية او المثل العليا او حتى بالعمل الجاد الشاق فحسب ، وانما لابد من ان يتوفر الى جانب ذلك كله الطاقة اللازمة . (١٧)

والخلاصة من هذا كله هو ان ازدياد سيطرة الانسان على المادة عن طريق التحكم فى الطاقة عملية طويلة ولاتزال قائمة ومستمرة حتى الان ، وسوف تستغرق فى الاغلب زمنا طويلا فى المستقبل . وترجع هذه العملية ـ كما تكشف عن ذلك الكشوف الاركيولوجية ـ الى عصور سحيقة فى التاريخ وما قبل التاريخ ، اعنى الى بداية ظهور الانسانية . وقد يمكن القول ان كل تقدم

(١٦) Ibid, pp. 41-42

(١٧) Ibid, p. 43.

تكنولوجى امكن تحقيقه فى الماضي كان ينطوى فى واقع الامر على مرحلة جديدة مـن التحكم فى الطاقة . كذلك فان التقدم فى استخدام الادوات فى عملية توجيه المجهود البشرى نحو السـيطرة على النار او على القوى الحيوانية يرجع هو ايضا الى عصور سحيقة فى القدم ، ولذا فان من الصعب معرفة كل الخطوات التى مرت بها هذه الجهود فى محاولة التحكم فى الطاقة . ولكن الذى لاشك فيه هو ان الحاجة لاتزال ماسة للعمل على التحكم فى مزيد من الطاقة لدرجة ان هناك من العلماء من يذهب الى حد القول بان الرغبـة فى التحكم فى الطاقة وتسخيرها فى مختلف مظاهرها هو جزء اساسي من الطبيعة البشرية ، بل ويكاد ان يكون امرا غريزيا . (١٨)

• • •

(٢)

فى كتابه القيم عن « The Modern Theory of Energetics » يذهـب فيلهلم اوستفالد Wilhelm Ostwald الى القول بان « تاريخ الحضارة ليس سوى تاريخ لتقـدم سيطرة الانسان وتحكمـه باطراد فى الطاقـة » (صفحة ٥١١) وقد كتب اوستفالد هذا الكتاب فى بداية القرن الحالى (عام ١٩٠٧) وهى فترة شاهدت كثيرا من المناقشات حول دور الطاقـة فى بناء المجتمع البشرى . وقد ادلى كثير من علماء الاجتماع والانثربولوجيا من التطوريين المحدثين ـ وبخاصة فى الثلاثينات من هذا القرن ـ بكثير من الاراء حول هذه القضية التى لم تلبث ان وجدت لها فيما بعد تطبيقات عملية فى عدد من البحوث الميدانية كتلك الدراسة التى قام بها كمب Kemp عند جماعات الاسكيمو والتى سبق الاشارة اليها . ومحاولة دراسـة العلاقة بين تزايد التحكم فى الطاقة واطراد التقدم الحضارى تنبع اصلا من الاعتقاد بان احـدى الخصـائص المميزة للحضارة هى امكـان انتقالها ـ او على الاصح نقلها ـ من طريق الوسائل غير البيولوجية من جيل لآخر ، بل ومن مجتمع لآخر ومن منطقة لاخرى ، على اعتبار انها احدى صور او اشكال التراث الاجتماعى ، ومن هنا فانها تنتقل من طريق « الاجهزة الاجتماعية » المختلفة . فالحضـارة بالمعنى الذى وصفه تايلور والذى جعلها بمقتضاه مرادفة للثقافة تتألف فى آخر الامر مـن عناصر مادية كالآلات والادوات والمعدات والملابس والحلى وما اليها ، وعناصر غير مادية تتمثل فى الافعال والمعتقدات والاتجاهات ، او المواقف التى تظهر فى مناسبات معينة والتى تتصـف كلها بخاصـة الرمزية . وعلى هذا الاساس ايضا يمكن اعتبار الحضارة او الثقافة تنظيما للاسـاليب والوسائل الخارجة عن جسم الانسـان ، والتى لايقوم بهـا سوى الانسان من دون بقية الكائنات الحية فى صراعه من اجل البقاء . ومن هذا تعتبر الحضارة او الثقافة متصلا Continuum متميزا عـن التراث البيولوجى الذى ينتقل الينا آليـا عـن طريق الجينات او المورثات . والواقع ان كـل العلماء الذين تعرضوا لمشكلة تعريف الثقافة او الحضارة يعطون اهمية كبرى لعنصر « التعليم » او « الاكتسـاب » ويبعدون عنها بالتالى كل ماهو غريزى او فطرى او موروث بيولوجيا ، ويرون انها هى حصـيلة العمـل والاختـراع والابتكار الاجتماعى ، او انها حصيلة النشـاط البشرى ،

(١٨) Ubbelohde, A.R. ; Man and Energy, Hutchinson, London 1954é 0. 13.

وان وجودها بذلك غير مرتبط بوجود الافراد من حيث هم افراد ، وهذا هو ماجعل بعض هؤلاء العلماء من امثال **هربرت سبنسر** Herbert Spencer **وكروبر** Kroeber يستخدمون اصطلاح « مافوق العضوى Superorganic » فى كلامهم عنها . . وعلى اية حال فحين يتكلم علماء الانثربولوجيا والاجتماع عن ثقافة شعب من الشعوب فانهم يقصدون على العموم طرائق المعيشة وانماط الحياة وقواعد العرف والتقاليد والفنون السائدة فى ذلك المجتمع والتى يكتسبها اعضاؤه ويلتزمون بها فى سلوكهم وفى حياتهم.(١٩) انها بقول آخر بسيط تؤلف نسقا اعلى من رتبة الاشياء المادية والاحداث الملموسة رغم احتوائها على اشياء مادية كالالات والادوات ، كما انه يمكن وصفها فى آخر وتفسيرها فى شكل مبادىء وقوانين خاصة بها . وكل هذا يغرى فى نهاية الامر بمحاولة تتبع تطور الحضارة او ثقافة الجنس البشرى كله كوحدة متكاملة .

لو اخذنا بهذا التصور فاننا نستطيع ان ننظر الى الحضارة على انها نسق عام كلى يمكن التمييز فيه بين عدد من الاجزاء او الاقسام او حتى المظاهر ، وان كان بعض العلماء من امثال ليزلى وايت يرون ان من الانسب الاكتفاء بالتمييز بين ثلاثة مظاهر رئيسية يطلق عليها مصطلحات « النسق التكنولوجى » و « النسق الاجتماعى » ثم « النسق الايديولوجى » (٢٠) وسواء اكانت هذه تعتبر انساقا او مجرد مظاهر فالمهم هو انه يمكن التمييز بين ثلاثة مستويات او حتى ثلاث

(١٩) الواقع ان فكرة تصور الثقافة او الحضارة على انها « راقية » وتكتسب عن طريق التعليم موجود لدى كل علماء الحضارة والاجتماع والانثربولوجيا . فعالم الاجتماع المشهور دو روبرتى de Roberty يذهب الى ان الثقافة هى حصيلة الفكر والمعرفة فى المجالين النظرى والعملى على السواء ، ومن هنا فانها تعتبر خاصة من خواص الانسان دون غيره من الكائنات ، وهو قول يردده مالينوفسكى فى كثير من كتاباته . كذلك يذكر لنا هوبل Hoebel ان عامل السلوك المتعلم يعتبر ركنا هاما فى تعريف الحضارة ، وان من الضرورى ان نبعد كل ما هو غريزى وفطرى وكل صور السلوك الموروثة بيولوجيا من مفهوم الثقافة . ولذا كانت الثقافة او الحضارة فى نظره هى حصيلة الابتكار الاجتماعى فقط ، وبذلك يمكن اعتبارها بمثابة التراث الاجتماعى الذى ينتقل من جيل لآخر عن طريق التعليم والتلقين . كذلك يذكر الاستاذان ماكيفر وبيج Page فى مجال تعريفهما الكلمة بانها تستخدم للدلالة على كل ما صنعه اى شعب من الشعوب ـ او اوجده لنفسه ـ من مصنوعات يدوية ومحركات ونظم اجتماعية سالفة وادوات ومعدات واسلوب للتفكير ، وباختصار كل ماصنعه الانسان اينما وجد ، فهى بذلك تعنى مجمل التراث الاجتماعى للبشرية (انظر كتابهما عن « المجتمع » الجزء الاول ترجمة الدكتور على احمد عيسى صفحة ١١٥) . واخيرا فان رويتر Reuter يعرفها بانها « تشمل الادوات والمعدات التى ظهرت وتطورت نتيجة لجهود الانسان المتصلة لاشباع حاجاته ، وما يرتبط بذلك من عواطف واتجاهات وميول معقدة وكذلك الابنية المنظمة وما اليها من وسائل واساليب الضبط التى تهدف الى اقرار النظام الاجتماعى وانتشار نماذج السلوك المقررة ، كما يدخل فيها ايضا النظريات الخاصة بتفسير الكون تفسيرا فلسفيا والتى تساعد على فهم الحياة وتسهيل المعيشة بشكل او بآخر » . ومع ان هذه كلها تعريفات واسعة فضفاضة الى حد كبير الا اننا نستطيع ان نرى ان العلماء يميزون فى الحضارة بين ثلاث فئات او مستويات هى : المادى والاجتماعى والفكرى كما يظهر على الخصوص من تعريف رويتر . وهذه نقطة سنعود اليها فيمابعد ، انظر فى هذا كله الجزء الاول من كتابنا : البناء الاجتماعى ـ المفهومات ، صفحات ١٨٨ ـ ١٩٢ . كذلك انظر :ـ

Hoebel, E.A., The Nature of Culture, in Shapiro, H.L., (ed), Man and Society, O.U.P., N.Y. 1960, p. 198 ; Reuter, E.B. ; " Race and Culture " in Lee, A.M. (Ed.), Principles of Sociology, Barnes and Noble, 1961, p. 123.

(٢٠) White, Leslie ; The Science of Culture : A Study of Man and Civilization, Farrar, Strans and Cudaly ; N.Y. 1949, p. 464.

« طبقات افقية » هي : المستوى التكنولوجي الذي يعتبر قاعدة واساسا للثقافة او الحضارة ، والمستوى الايديولوجي او الفلسفي الذي يؤلف القمة ، وبين هذين المستويين يأتي المستوى الاجتماعي . وهذه المستويات او الاوضاع تعبر في حقيقة الامر عن الادوار الثلاثة التي يمكن التمييز بينها في عملية الحضارة . فالنسق التكنولوجي هو الاساس الاول الذي يقوم عليه البناء الحضاري كله في اي مجتمع وفي اي عصر . فهو العامل المحدد للحياة الاجتماعية او النسق الاجتماعي ككل ، بمعنى انه يؤثر تأثيرا بالغا في تشكيل النظم والعلاقات الاجتماعية التي تسود في المجتمع ؛ بينما تعتبر الانساق الاجتماعية (وظائف) للتكنولوجيات المختلفة . اما الفلسفات فانها تعبر بدورها عن القوى التكنولوجية مثلما تعكس الانساق الاجتماعية وذلك في الوقت الذي تقوم فيه التكنولوجيا والمجتمع بتحديد محتوى الفلسفة واتجاهها . وهذا لاينفي بطبيعة الحال ان الانساق الاجتماعية تتدخل في عمل التكنولوجيا ، او ان الانساق التكنولوجية والاجتماعية تتأثر بالفلسفات . ولكن هناك فرقا كبيرا بين « التأثير » و « التحديد » .

وعلى اي حال فان هذه الانساق الثلاثة الرئيسية التي تؤلف الحضارة تتفاعل فيما بينها ويؤثر بعضها في بعض ، ولكن على الرغم من انها كلها تعتبر من خصائص الحضارة الانسانية فان الفئة الاولى منها تتصل اتصالا مباشرا بنفس الوجود الفيزيقي للجنس البشري ، بينما تظهر الفئتان الاخريان بالتدريج نتيجة لتقدم الانسان في سلم الحضارة ، وبذلك فهي دليل ومقياس على تقدمه وتطوره ونموه ، كما انه يمكن فهمها بالاشارة الى النسق التكنولوجي الاولى . وعلى مايقول ليزلي وايت : ان التكنولوجيا هي المتغير المستقل ، بينما النسق الاجتماعي يتحدد الى درجة كبيرة عن طريق الانساق التكنولوجية ، بحيث انه اذا تغيرت هذه الانساق تغير النسق الاجتماعي بالضرورة . « (٢١) ان المثال الذي يضربه عالم الانثربولوجيا الاركيولوجية البريطاني (استرالي) الاستاذ جوردون تشايلد E. Gordon Childe في كتابه الشهير « الانسان يصنع نفسه » الذي يعتبر من افضل المقدمات التي كتبت عن تاريخ الانسان المبكر يوضح مانريد ان نقول : « ان تقسيمات علماء الآثار لعصر ماقبل التاريخ الى العصر الحجري والعصر البرونزي والعصر الحديدي ليست تقسيمات تعسفية تماما ، وانما هي ترتكز على المواد التي كانت تستخدم في صنع الادوات والآلات التي تستخدم في القطع وبخاصة الفؤوس ، وتعتبر تلك الآلات من اهم ادوات الانتاج . ويؤكد التاريخ الذي يعترف بالواقع والحقيقة اهمية هذه الآلات في تشكيل وتحديد الانساق الاجتماعية والتنظيم الاقتصادي . وزيادة على ذلك فان الفاس الحجرية ـ وهي الاداة التي تميز العصر الحجري الى حد ما على الاقل هي الآلة البسيطة التي يمكن ان يقوم بصنعها واستعمالها اي جماعة من الجماعات التي تشتغل بالصيد او الزراعة وتستطيع ان تكفي نفسها ، فهي لاتشير ضمنا الى وجود اي نوع من التخصص بالعمل او التجارة خارج حدود تلك الجماعة . اما الفاس البرونزية فهي ليست مجرد آلة افضل من الفاس الحجرية وتحل محلها ، وانما هي ايضا تفترض وجود بناء اقتصادي واجتماعي اكثر تعقدا . ذلك ان صب البرونز عملية اصعب بكثير من ان يستطيع اي شخص ان يقوم بها في الفترات التي تفصل بين نشاطه في الزراعة او الصيد او الاهتمام بالاطفال . انها عمل يحتاج الى وجود متخصصين ، وهؤلاء المتخصصون لابد ان

(٢١) Ibid, p. 366.

يعتمدوا في توفير مطالبهم واحتياجاتهم الاولية كالطعام على فائض انتاج غيرهم من المتخصصين ... (٢٢) وهذا نفسه يصدق على النسق الايديولوجي الذي يعبر فيه الانسان عن تجربته الانسانية ، ولكن التجربة وتفسيرها تتحددان ايضا بالتكنولوجيات كما ذكرنا . فالتكنولوجيا المتعلقة بحياة الرعي والزراعة او الصناعة او الحرب سوف تجد بالضرورة تعبيرا فلسفيا ملائما لها . فاحدى التكنولوجيات تجدها تعبيرا في الطوطمية ــ كما يقول ليزلي وايت ، بينما تجد تكنولوجيا اخرى تعبيرا عن نفسها في التنجيم وهكذا . (٢٣)

كل هذا يدفعنا الى ان نعتبر التكنولوجيا هي المفتاح الاساسي لفهم نمو وتطور الحضارة . وهو موقف سبق ان عبر عنه اصدق تعبير عالم الانثربولوجيا الامريكي **لويس مورجان** Lewis Morgan في القرن الماضي في كتابه القيم « المجتمع القديم The Ancient Society » وهو الكتاب المسئول مسئولية مباشرة عن موقف علماء الانثربولوجيا التطوريين المحدثين ، ومحاولتهم تفسير التطور الحضاري بالرجوع الى تحكم الانسان في الطاقة (٢٤) وفي نظرتهم الى التكنولوجيا على انها هي الوسيلة الاولية لظهور الانساق المادية ومن بعدها الانساق الاجتماعية والايديولوجية والتمييز بينها . ولما كانت الانساق المادية ذاتها ، مثل الجنس البشري (من حيث هو متميز عن الكائن البشري الذي يعتبر جسما وليس نسقا ماديا) . او الكون (من حيث هو متميز عن الارض مثلا التي تعتبر جسما ماديا وليس نسقا ماديا) انساقا دينامية وليست مجرد انساق استقرارية او ستاتيكية . فان ذلك يعني ان الطاقة تدخل في تكوينهما بالضرورة الى جانب المادة . وهذا يذكرنا بما سبق ان قلناه من انه يمكن وصف جميع الاشياء والموجودات (الكون والانسان والحضارة) في حدود والفاظ المادة والطاقة معا ، وان الحياة عملية بناء ، كما انها صراع دائم من اجل الطاقة الحرة Free Energy ، بينما التطور البيولوجي ليس الا حركة ومزيدا من التنظيم ومن التفاضل في البناء والتركيب والتخصص الوظيفي ، وتحقيقا لمستويات اعلى من التكامل ومزيدا من تركيز الطاقة . (٢٥)

ولو نظرنا الى المسألة من وجهة النظر الحيوانية البحتة فسوف نجد ان الحضارة ليست وسيلة لاستمرار عملية حياة جنس معين هو الجنس البشري . فهي اداة ووسيلة لتزويده بالطعام والمسكن ، والمأوى واساليب الدفاع والهجوم والتنظيم الاجتماعي والتكيف للكون والترفيه وما الى ذلك . الا ان اشباع هذه الحاجات كلها يتطلب وجود طاقة ، ومن هنا فان

---

(٢٢) Childe, Gordon, Man Makes Himself (1936), 4th ed. The Fontana Library, Collins, London 1965, p.8.

(٢٣) White, The Science of Culture ; Loc. Cit.

(٢٤) انظر في ذلك دراستنا عن « لويس مورجان والمجتمع القديم » ــ مجلة تراث الانسانية العدد الاول عام ١٩٧١ .

(٢٥) راجع على العموم كتاب « اسيموف عن » الطاقة والحياة » وكذلك مقالنا عن « القاهرة التكنولوجية » مجلة عالم الفكر . المجلد الثالث العدد الثاني عام ١٩٧٢ . انظر ايضا كتاب ليزلي وايت عن علم الثقافة الذي سبقت الاشارة اليه ، صفحة ٢٦٧ .

اول وظيفة للحضارة او الثقافة هي في راي الكثيرين ـ السيطرة على الطاقة والتحكم فيها واستخدامها ؛ بينما الانساق الاجتماعية والفلسفية تعتبر مجرد ملاحق للعملية التكنولوجية وتعبيرا عنها . وعلى ذلك يمكن القول ان عمل الثقافة ككل يتوقف تماما على مقدار الطاقة التي يتم التحكم فيها وطريقة استخدام تلك الطاقة . بيد ان استخدام الطاقة يتطلب شيئا آخر الى جانبها ، لان الطاقة في حد ذاتها لا تعني شيئا ولكنها تلعب دورا معينا في النسق الثقافي ولا بد من السيطرة عليها وتوجيهها . وهذا لن يتم الا عن طريق الاساليب والوسائل التكنولوجية والآلات والادوات . وتتوقف قدرة وكفاءة تلك الآلات والادوات ، وبذلك فان مقدرتها وفاعليتها في استخدام قدر معين من الطاقة تنعكس في مقدار ما تنتجه من طعام او ملابس او سلع اخرى . وقد يمكن صياغة القانون الاساسي للتطور الثقافي او الحضاري على النحو التالي : « لو افترضنا ثبات العوامل الاخرى فان الثقافة تتطور وترقى تبعا لمقدار الطاقة التي يتم التحكم فيها بالنسبة للفرد في السنة او تبعا لزيادة كفاءة الوسائل الآلية التي يمكن بها تشغيل الطاقة » . وليس ثمة ما يمنع بطبيعة الحال من ازدياد كلا العاملين في الوقت ذاته . وفي ضوء هذا القانون يمكن النظر في تاريخ التطور الحضاري او الثقافي من تلك الزاوية .

• • •

ولو سلمنا بان الحضارة هي اسلوب للتحكم في الطاقة ، فلا بد لها من ان تعثر على تلك الطاقة في مكان ما اولا حتى يمكن لها ان تتحكم فيها وتستخدمها . وبقول آخر ، لا بد من ان يعثر الانسان على مصادر الطاقة الملائمة التي يستطيع استخدامها في عملياته الانتاجية ، ايا كانت هذه العمليات . وربما كان اول مصدر للطاقة استغله الانسان باساليبه الثقافية البدائية ومنذ فجر التاريخ هو **طاقة الكائن العضوي الانساني** نفسه Human Organism . فالثقافات الاولى او الاصلية انما نشات وعملت بفضل الطاقة البشرية وحدها ، او على الاقل ، كانت الطاقة البشرية هي الاساس الهام والعنصر الفعال في العمل . ولقد سبق ان ذكرنا ان مقدار القوة Power التي يمكن ان تتولد عن الشخص البالغ العادي ضئيلة لا تزيد عن ½ قوة حصان Horsepower ، بل ان متوسط مصادر القوة والقدرة في انساق الثقافات والحضارات المبكرة يقل عن هذا كثيرا جدا ولا يكاد يتعدى ⅒ قوة حصان للفرد ، اذا اخذنا في الاعتبار النساء والاطفال والمرضى والشيوخ والعجزة ومن اليهم .

وعلى اية حال ، فان تحقيق اي تقدم في الحضارة لا يمكن ان يعتمد على طاقة الانسان وحدها . فمثل هذه الحضارة ـ ان وجدت ـ لن تستطيع ان تتطور وتنمو الا اذا استمات

---

(٢٦) White ; op. cit., pp 368-69 . وقد سبق ان ذكرنا (الهامش رقم ١٤) ان ليزلي وايت يعبر عن دور الطاقة في التطور الثقافي بصيغة رياضية بسيطة هي الطاقة × التكنولوجية ⟵ الانتاج ، على اساس انه يمكن التمييز في اي نسق حضاري او ثقافي بين ثلاثة عوامل رئيسية هي (ا) مقدار الطاقة التي يتم التحكم فيها بالنسبة للفرد في السنة ، (ب) قدرة او كفاءة الاساليب التكنولوجية التي يتم بها التحكم في الطاقة وتشغيلها ثم (جـ) مقدار او كمية السلع والخدمات التي تشبع حاجة الانسان والتي يتم انتاجها . ولما كانت (جـ) هنا تمثل درجة التطور في المجتمع فان ليزلي وايت لم يلبث ان اعاد صياغة الصيغة الرياضية السابقة بحيث تصبح E×T ⟶ C بحيث تشير C هنا الى الثقافة Culture او الحضارة Civilization .

بمصادر اخرى للطاقة . وصحيح انه يمكن تحقيق بعض النجاح عن طريق زيادة كفاءة الاساليب الفنية والتكنولوجية التى يمكن عن طريقها استغلال الطاقة البشرية وتشغيلها بدرجة أفضل من الكفاءة ، ولكن هنالك حدودا لتقدم الحضارة بهذا الاسلوب او على هذا الاساس . **وقد يمكن ان ندرك مدى قصور مثل هذه الحضارات التى لا تعتمد على غير الطاقة البشرية مع الاستعانة ببعض الاساليب الفنية البسيطة الساذجة اذا نحن نظرنا الى حضارة الشعوب المتاخرة ــ او البدائية . كما يسميها بعض الانثربولوجيين ــ التى توجد فى الوقت الحالى ، او الى ثقافة اوربا مثلا فى العصر الحجرى القديم (او العصر الباليوليثى Palaeolithic) .**

فى ذلك العصر القديم كان الانسان بطبيعة الحال مضطرا الى الاستعانة بكل ما يصادفه من اجسام صلبة مثل قطع الخشب او الحجارة ، ثم لم يلبث ان بدا يستخدم قطع الصخر ذات الحافات الحادة المرهفة القاطعة فى تشذيب الخشب مثلا ، ليجعل منها عصا صالحة للاستعمال ، اى انه اخذ تدريجيا يقدر شكل العصا ذاته ويدرك بوضوح فوائد صنعها بشكل معين بالذات . اى ان عملية اكتساب « الانسان المبكر » للثقافة جاءت تدريجيا وببطء شديد وليس عن طريق الوثبة او الطفرة ، كما ان الاشياء ذاتها اخذت تكتسب بالتدريج معنى اعمق بالنسبة للاشخاص الذين كانوا يستخدمونها . « وهذا المعنى هو الذى يعطى الادوات نمطها الخاص ويساعد بالتالى على ظهور شىء محدد يمكن ان يعزى الى جماعة معينة بالذات » صحيح ان القردة العليا قد « تشذب الاغصان مثلا بانتزاع الفروع الصغيرة منها . . وتقضم اطراف العصى لتجعلها مدببة ، ولكنها لم تكن تفعل ذلك ابدا الا حين تجابهها مشكلة من المشكلات وليس لكى تلائم نمطا موجودا لديها من قبل(٢٧)المهم هو ان الانسان المبكر كان يستخدم الى جانب قوته العضلية اى طاقته البشرية الاخشاب وقرون الوعول والعظام والاحجار المدببة الحادة والاشواك والاصداف وما الى ذلك . . وقد ظلت الثقافة ــ اى اساليب وانماط استخدام الاشياء ــ على درجة كبيرة من البساطة والفجاجة لفترات طويلة جدا قبل ان يتمكن الانسان من صنع الآلات والادوات المعقدة التى تختلف فى شكلها عن الاشياء والاجسام الطبيعية اختلافا كبيرا ، ولا يزال كثير من الشعوب « البدائية » الحالية تستخدم الى جانب ادواتها وآلاتها المصنوعة كثيرا من الاجسام الحادة التى يتخذونها من الطبيعة مباشرة حين يحتاج الامر الى ذلك ، كان يستخدموا الاصداف البحرية مثلا فى قص الشعر .

وعلى العموم ، فان بدايات الحضارة بدايات غامضة الى حد كبير جدا ، ولكن من المؤكد انها استغرقت فترة طويلة من الزمن . وربما كانت اولى الادوات هى الهراوات المتخذة من العظام والتى كان يستخدمها الانسان القرد فى جنوب افريقيا (انسان جنوب افريقيا القرد Australopithecus) . والاغلب ــ كما تدل على ذلك البقايا الحفرية التى تم العثور عليها ــ ان هذه الهراوات كانت عبارة عن الاجزاء السفلى من عظم العضد (اى الكوع والجزء العلوى من الذراع) عند بعض الحيوانات المجترة الضخمة التى كانت تعيش حينذاك مثل الجنو الازرق Wildebeest . ولو صح ان الانسان القرد كان فى ذلك الزمن السحيق يبحث فعلا وعمدا عن ذلك الجزء بالذات من العظام فى جثة ذلك الحيوان الضخم فيقتطع منه قطعة معينة لاستخدامها فى

(٢٧) انظر ترجمتنا لكتاب وليام هاولز : « ماوراء التاريخ » ، المرجع السابق ذكره ، صفحة ٩٤ .

قتل القردة التي كان يتغذى على لحمها فلن يكون ثمة مفر من ان نعترف بأن الانسان القرد كانت له حضارة ، مهما كانت هذه الحضارة بسيطة وساذجة . يضاف الى ذلك ان ثمة شواهد اخرى تدل على ان الادوات الحجرية تماثل في القدم الانسان القرد ذاته او بعض فصائله . ويرجع اقدم هذه الادوات الى بداية البلايستوسين Pleistocene ايضا . وكانت حينذاك عبارة من آلات حادة بسيطة الى ابعد حدود البساطة تصنع من الحصيات الكروية بعد كسرها للحصول على حد مرهف . وقد وجدت هذه الآلات في شمال افريقيا وشرقها وجنوبها . ثم جاء بعد ذلك نوع آخر من الآلات والادوات في اوروبا وفي كل انحاء افريقيا وهي « فاس اليد الايفيلية » التي يحتمل انها كانت تستخدم باليدين معا لنقلها في اقتلاع الجذور والخضروات البرية وكسر اغلفة الفواكه الصلبة مثل غلاف جوز الهند ، اي انها كانت تقوم بالمهمة التي تعجز عنها أسنان الانسان القرد . كذلك كان الانسان القرد يعتمد على الشظيات والشطفات الحجرية الفجة المصنوعة من الصوان في التقطيع والتقشير والحك وما اليها . ثم دخل على شكل فاس اليد في اوروبا وافريقيا كثير من التحسنات بالتدريج ، وذلك فيما يعرف باسم **الصناعة الاشولية** Acheulean ، فاصبحت اخف وزنا واكثر تهذيبا واستواء وتكشف عن درجة عالية نسبيا من الدقة والاتقان في الصنعة ، كما أصبحت اطرافها أكثر استقامة وحدة نتيجة لاستخدام مطارق من العظام ، او الخشب في صنعها وتشكيلها ، وهكذا . **وخلال هذه الفترة التي تزيد على نصف مليون سنة** كانت الآلات الحجرية تفقد الكثير من خشونتها وفجاجتها الاولى وتتخذ اشكالا محددة واكثر استواء واقل وزنا وحجما واكثر فعالية . وعلى هذا ، ومهما يكن من امر ذلك **التطور الطويل التدريجي البطيء فانه يمكن القول ان الحضارة** لم تبعد الانسان في بداية الامر عن الطبيعة كثيرا . **ولكنه مع ذلك عرف النار على ما** يبدو واستخدمها في طهو اللحم والانضاجه ، وهذه بغير **شك خطوة هامة على طريق التطور الحضاري** [٢٨] .

• • •

ولقد يكون من الصعب علينا ان نتصور بشكل واضح نوع حياة القنص التي كانت تحياها الشعوب البسيطة المبكرة في العصر الحجري القديم الادنى من طريق دراسة أدواتهم التافهة . ولكننا نعرف الشيء غير القليل من **اقوام العصر الحجري القديم الاوسط والاعلى ، او ما يعرف عموما بالعصر الحجري المتأخر.** فتلك الشعوب لم تتدثر تماما في حقيقة الامر ، اذ تمثلهم في الوقت

---

(٢٨) يقول وليام هاولز في ذلك : ان اقتصاد الانسان الاول لم يكن يختلف في الحقيقة عن اقتصاد القردة العليا ، فقد كان يجمع ما تقدمه الطبيعة ويقتات به ، وكان ينفق في ذلك كل وقته . ومن الجائز انه كان (يجمع) اللحم ايضا ـ على الاقل حتى مرحلة الانسان القرد ـ وليس النباتات فقط . ولكننا نستطيع ان نكون فكرة صحيحة بعض الشيء عن طعامه في المرحلة المتقدمة قليلا في بعض الاماكن مثل كهوف بكين حيث وجدت عظام الحيوانات جنبا الى جنب مع بذور الفواكه ، كما وجد شيء اكثر اهمية من ذلك وهو الفحم الخشبي ، مما يدلنا على ان انسان بكين كان في تلك الفترة الدافئة الثانية يستخدم النار بالفعل . والطبخ هو عامل هام مساعد للهضم ... ومن المحتمل ان هؤلاء البشر لم يكونوا يستطعمون الكهوف كمأوى وملجأ الا نادرا ـ كما كان يفعل الانسان القرد . ولسنا نعرف ما اذا كانوا قد عرفوا الملابس ، ولكن يحتمل ان الحياة لم تصل الى تلك الدرجة من المشكلة الا بعد ذلك بكثير عند شعوب العصر الموستيري لانهم كانوا يعيشون قرب الثلاجات ولان ادواتهم توحي بانهم كانوا يعرفون الصناعات الجلدية .. » ـ المرجع السابق ذكره ، صفحة ١٠٨ ـ ١٠٩ .

الحالى الجماعات والقبائل « الهمجية » او« البدائية » او « المتوحشة » على ما تشير اليهم الكتابات الانثربولوجية فى العادة ، كما ان اساليبهم فى القنص كانت اكثر « حداثة » وتطورا . وكانوا يعتمدون فى معاشهم على اللحم فى المحل الاول وبخاصة فى اوروبا وامريكا الشمالية ، ولذا تعرف شعوب تلك الحقبة باسم « الصيادين المتقدمين » وقد امتدت تلك الفترة ما بين حوالى عام ٣٠,٠٠٠ ق.م و ٦,٠٠٠ ق.م على الاقل فى منطقة الشرق الاوسط ــ حين بدات الزراعة بعد تراجع مرحلة القنص الخالصة . ولقد خضعت صناعة الآلات الحجرية فى ذلك الطور الى كثير من التغير ، ودخلت عليها عناصر كثيرة من التطور والتقدم والتجديدات والصيغ والاشكال ، بعد ان كانت كلها فى العصر الحجرى القديم الادنى لها نمط واحد الى حد كبير . ولقد برع الانسان فى صنع النصال blades المدببة او ذات الحدين المرهفين للغاية من احجار الصوان عن طريق « التشظيف » اى فصل الشظفات من قطعة صوان كبيرة تعتبر بمثابة اللب او النواة core ، وذلك عن طريق الضغط عليها باداة صغيرة من العظم . وقد كانت هذه الشظفات تستخدم بعد ذلك فى صنع كل انواع الآلات الحادة كالمكاشط ورؤوس الحراب والمسنونات والمدى وغيرها من الآلات التى كان الانسان يستخدمها فى الصيد والقنص او القطع او الحك والقشط والتقشير وسلخ الحيوانات وما الى ذلك ، وهى كلها آلات تكشف عن درجة معينة من المهارة رغم ما بها من سذاجة وبساطة . ولم يكتف قانصو الحيوانات فى العصر الحجرى القديم الاعلى بالاعتماد على الحجارة فى صنع ما يحتاجونه اليه من آلات وادوات بل استخدموا ايضا العظام والعاج والقرون فى صنع كثير من الآلات والادوات الصغيرة الدقيقة . وبعض هذه الصناعات لا تزال تجد لها بقايا عند الاسكيمو اللذين سبقت الاشارة اليهم ، وبخاصة « الهاربون » او حربة صيد البحر التى كانت تزود بصف من الخطاطيف على طول احد جانبيها او كلا الجانبين . وهذه كلها اسهمت اسهاما كبيرا فى الارتفاع بمستوى الانتاج عن طريق توفير قدر اكبر من الطاقة . فقد كانت هذه الآلات تعتبر عاملا مساعدا للطاقة البشرية التى كان الانسان يبذلها . وفى أواخر العصر الحجرى القديم امكن للانسان ان يخترع وسائل جديدة فى القنص مثل القسى والسهام ، او على الاقل استخدمها بكثرة فائقة ، وساعد ذلك الناس على موازنة طعامهم والاعتماد على كثير من الاطعمة والمأكولات التى كان اسلافهم يأنفون منها مثل الطيور والحيوانات الصغيرة ، كما استعانوا بالكلاب التى يمكن اعتبارها نوعا من « الاكتشاف » من هذه الناحية . وكما يقول **هاولز** فى ذلك : « لسنا نعرف اصل الكلب على وجه الدقة ، بل اننا لا نعرف ما اذا كان الانسان هو الذى اكتشف الكلب ، او اذا كانت الكلاب هى التى اكتشفت الناس ــ اعنى أن الاثنين بدءا الصداقة اولا . والكلاب مخلوقات انيسة لطيفة ، والاغلب انها كانت تحوم حول مخيمات الانسان فى انتظار فضلات طعامه . وقد قبلها الانسان على هذا الوضع ، ثم سمح لها بعد ذلك بان تصاحبه وتلازمه حتى ظهر نفعها وفائدتها فى الصيد ، وذلك قبل ان يستأنسها ثم يقوم على تربيتها بوقت طويل . والواقع ان الكلاب وصلت الى ذلك المركز بالفعل فى بعض الثقافات المحدثة التى تقوم على قنص الحيوان(٢٩) .

---

(٢٩) المرجع السابق ، صفحة ١٥٤ .

الا ان العائد القليل الذى كان يعود على الناس من عملية قنص الحيوان دفعهم الى صيد السمك من البحر لاستكمال غذائهم . وكانت البحار تستخدم فى الطعام منذ عهد بعيد . وقد عرفت الشعوب المبكرة منذ العصر الحجرى الوسيط (الميزوليثى) صيد السمك بالصنانير او الهاربون (فى حالة الاسماك الضخمة) علاوة على استخدام الشباك . كذلك استكملت الشعوب الميزوليثية طعامها عن طريق « الجمع » ، اى جمع الثمار والفواكه البرية والجوز . وكل هذه انواع من النشاط الاقتصادى تحتاج الى قدر كبير من المهارة وسعة الحيلة والدهاء والقدرة على مغالبة الظروف القاسية التى سادت فى اواخر العصر الجليدى بعد ان كانت القوى العضلية والعنف هى الوسيلة السائدة قبل ذلك ، وبعد ان كان الانسان يعتمد اعتمادا كبيرا على طاقته الجسمية .

• • •

(٤)

لكى تتقدم الحضارة الى ما وراء الحدود التى تفرضها عليها مصادر الطاقة الكامنة فى الجسم البشرى وحده مع الاستعانة ببعض الادوات البدائية الفجة كان لا بد للانسان من ان يبحث عن وسائل واساليب اخرى يستطيع بها ان يكتشف بعض المصادر الطبيعية الاخرى التى تكمن فيها مقادير اخرى اضافية من الطاقة ، وان يتحكم فى تلك الطاقة ويسخرها لصالحه . وقد استطاع الانسان خلال تجاربه الطويلة عبر العصور ان يتعرف على ثلاثة مصادر طبيعية للطاقة هى النار والرياح والماء ، وان يستخدمها فى حياته اليومية لاشباع حاجاته البسيطة المحدودة فى اول الامر على الاقل . ومن المحتمل جدا ان النار التى تعتبر من المصادر الهامة للطاقة الخارجية اكتشفت منذ ما يزيد على مائة الف سنة على ايدى كائنات تشبه الانسان (اشباه البشر) ، وقد انقرضت هذه الكائنات منذ ذلك الحين ، ولكن المهم هو ان اكتشاف النار كمصدر للطاقة كان اقدم من ظهور الانسان الحديث وان كان استخدام النار فى تلك العصور السحيقة كمصدر للطاقة محدودا بطبيعة الحال . والواقع ان كل ما يقال عن اكتشاف النار واستخدامها كمصدر للطاقة فى العصور المبكرة من تاريخ الجنس البشرى هو محض افتراضات وتخمينات ، وان كان يبدو ان اشباه البشر شاهدوا من آثار النار المدمرة حين كانت تنشب بفعل العوامل الطبيعية كالصواعق او البرق ، لم عمل الانسان بعد ذلك على (استئناسها) حين ادرك فائدتها فى الدفء وفى تخويف الحيوانات المتوحشة وابعادها ، واخيرا بعد اكتشاف اهميتها فى الطهو . وليس من شك فى ان من اكبر المشاكل التى واجهت الانسان القديم هى ايجاد طريقة لاشعال النار عمدا من طريق صنع شرارة ، ولذا يعتبر اكتشاف صنع الشرارة من طرق قطعتين من الصخر من نوع معين كالصوان مثلا خطوة جبارة فى طريق التقدم . ولقد كانت النار فى بداية الامر تظل مشتعلة طيلة الوقت وذلك قبل ان يتمكن الانسان من اختراع وسيلة لاشعالها حين يريد ذلك . ويعتبر ذلك احد الاسباب الرئيسية فى ان كثيرا من الشعوب القديمة كانت تنظر الى النار على انها شىء مقدس ، ولذا يجب ان تظل

Richards, D.A. ; The Flame of Discovery, Oxford University Press, 1964, p.1. (٢٠)

مشتعلة بشكل مستمر ، ومن هنا ساد الاعتقادلدى كثير من الشعوب والاقوام بضرورة « اطعام اللهب المقدس » . وبمرور الزمن زادت اهميةالنار فى الحضارات الاكثر تقدما فاستخدمت فى صنع الفخار وتطويع المعادن ، كما ان كثيرا من الشعوب « البدائية » كانت تستخدمها بكفاءة فى تجويف جذوع الاشجار الضخمة لصنع القوارب وبذلك كانت تحل محل القوى العضلية البشرية. ولكن مع هذا كله فانه يمكن القول ان النار لم تصبح مصدرا فعالا للطاقة الا بعد اكتشاف البخار ، او على الاصح اختراع الآلات والقاطرات البخارية فى العصور الحديثة ، بينما كان استخدامها كصورة ومصدر للطاقة فى الحضارات والانساق الثقافية السابقة محدودا للغاية (٢١) . وعلى اى حال فالنار - كما يقول آسيموف - « مصدر مركز للطاقة وباستخدامها يصبح مقدار الطاقة التى تحت امرة الفرد الواحد من بنى الانسان اكبر كثيرا مما يحتويه جسمه بحيث يمكن اعتباره لانهائيا - تقديريا . وذلك هو السبب فى ان (اكتشاف النار) يكون بلا شك اعظم مأثرة للانسان الفرد . فهى وحدها التى خلصته من عبوديته لمورد الطاقة المحدود فى جسمه ، مضافا اليه طاقة الحيوانات التى استأنسها (٢٢) .

وتعتبر النار من اهم الاشياء التى ينفرد بها الانسان ، مهما بلغت درجة تخلفه من دون الكائنات الاخرى ، فهى ظاهرة انسانية ، ان صحت هذه التسمية . ولسنا نعرف قبيلة من القبائل البدائية لم تعرف النار . وثمة اساطير كثيرة لدى معظم الشعوب القديمة والبدائية . فهناك على سبيل المثال اسطورة بروميثوس الذى انزل النار من السماء الى الارض لكى ينقذ بها الجنس البشرى من الفقر والفاقه ، كما ان الحضارات القديمة ومنها الحضارة المصرية عرفت عبادة الشمس فى فترة من تاريخها ، وكان الزرادشتيون فى فارس يعبدون النار ولا تزال بقايا هذه الديانة قائمة لدى البارسيين فى الهند (٢٣) . بل ان النار فى صورتها غير الشمسية كانت منذ اقدم التاريخ مصدرا للضوء والحرارة والدفء ، وقد ساعد ذلك الانسان على اكتشاف وارتياد مناطق بعيدة عن الدفء والاقامة فى الاصقاع الباردة الجليدية . اى انه يمكن القول ان اكتشاف النار كان من عوامل انتشار الجنس البشرى وعمران الارض ، فضلا عن انه ادى دورا هاما فى تغيير العادات الغذائية لدى البشر ، وبذلك وسع الانسان من مجال مصادر ومواد غذائه ، وادخل عناصر يصعب التغذي عليها بغير طهو صورتها الطبيعية . ولقد توصل الانسان خلال المائة السنة الماضية الى اكتشاف

---

(٢١) White, L.A. ; Science of Culture, op. cit, 0p. 370.

(٢٢) اسيموف ، ايزاك ، « الطاقة والحياة » المرجع السابق ذكره ، الترجمة العربية صفحة ١٧ .

(٢٣) يمكن للقارىء ان يرجع الى كتاب سير جيمس فريزر Sir James Frazer « الغصن الذهبى The Golden Bough » حيث يجد مزيدا من الامثلة عن الدور الذى لعبته النار فى حياة مختلف الشعوب والجماعات خلال مراحل التاريخ المختلفة وعلى كل مستويات التقدم الحضارى . وللكتاب طبعة موجزة اشرف عليها فريزر نفسه ، ولهذا الطبعة الموجزة ترجمة عربية ظهر الجزء الاول منها عام ١٩٧١ باشراف كاتب هذه الدراسة (الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ١٩٧١) .

طرق جديدة لاشعال النار والى انواع جديدة من الوقود ساعدت على تغيير اسلوب الحياة . وكان الخشب اول نوع منها ، ثم ظهر الفحم في القرن السابع عشر ، واخيرا البترول في القرن الحالي . كل هذا دفع كاتبا مثل آسيموف الذي سبق الاستشهاد بكتاباته الى القول انه من بين جميع الاحرازات في تقدم التكنولوجيا في تاريخ الانسان احتل اكتشاف النار اولا ثم اختراع الآلة البخارية ثانيـة المركز الاول في وفرة الآثار والنتائج . فالاكتشاف الاول جعل طاقة الاحتراق ميسورة للانسان ، اما الثاني فقد اخضعها للاستخدام كمحرك اولى (٢٤) .

• • •

ويبدو ان استخدام النار كان اسبق على استخدام الطاقة الكامنة في الماء والرياح . ومع ان الانسان كان يدرك من خبرته اليومية قوة الرياح وما تستطيع ان تلحقه من خسارة وتدمير وتلف فلم يستطع في بداية الامر على الاقل ان يدرك القوة الحقيقية الكامنة فيها وان يسخر تلك القوة لصالحه ، ولذا مرت قرون طويلة قبل ان يعرف كيف يستخدمها في تسيير القوارب والسفن وتشغيل الآلات . وليس من شك في ان افضل مظهر لاستخدام طاقة الرياح هي العجلات والطواحين الهوائية باشكالها المختلفة ، والتي خضعت هي ذاتها لكثير من التطوير والتحسين والتجديد والتعديل . ومع ذلك فان معظم استخدام طاقة الرياح والهواء في ذلك المجال يرجع الى عصور تاريخية وحديثة ، كما ان الرياح لا تعتبر حتى الآن من المصادر المهمة للقوى الا في حدود ضيقة .

وربما كان استخدام الماء كمصدر للقوى اهم بكثير في تاريخ الحضارة من استخدام الرياح . والاغلب ان الانسان ادرك من خبرته ومشاهدته للمياه الجارية التي تجرف امامها العوائق ، كما تحمل جذوع الاشجار الضخمة التي تسقط في مجراها كيف يستطيع ان يستخدمها في نقل الاجسام الثقيلة عن طريق تحميلها فوق الواح مسطحة من الخشب ، ثم لم يلبث بمرور الزمن ان استخدم الماء في ادارة وتشغيل الطواحين والعجلات كوسيلة لتوفير طاقته الفيزيقية . بيد ان الاهمية الحقيقية للماء لم تظهر الا حين ارتبطت فكرة استخدام طاقة الماء مع طاقة النار للحصول على البخار الذي يعتبر اكتشافه انقلابا خطيرا في تاريخ الحضارة الانسانية ، وفتح فصلا جديدا في كتاب الحضارة . فتشغيل الآلات بفعل قوة البخار المتصاعد من الماء الساخن ، وآلات الاحتراق الداخلي كلها فتحت امام الانسان آفاقا واسعة رحبة من التقدم والرقي ، وزاد من ذلك اكتشاف مستودعات الفحم والنفط والغاز الطبيعي الهائلة التي اتاحت الفرصة لتحقيق زيادة ضخمة في مقادير الطاقة المتاحة لبناء الحضارة . ولقد ظل الاعتماد على البخار والآلات والقاطرات البخارية سائدا الى ان ظهرت الكهرباء ، ولكن يمكن على العموم ان نقارن نتائج ما يعرف باسم « **ثورة الوقود** Fuel Revolution » بنتائج الثورة الزراعية من الناحية الاجتماعية البحتة . فقد

---

(٢٤) اسيموف ، المرجع السابق ذكره الترجمة العربية صفحة ٢٣ . راجع ايضا Richards. loc. cit.

ترتب على كل منهما زيادة كبيرة فى حجم السكان وحجم الوحدات السياسية ، وحجم المدن وتراكم الثروات ، والنمو السريع فى الفنون والعلوم ، وبالاختصار ترتب على كل منهما تقدم سريع وهائل فى الثقافة أو الحضارة (٢٥) .

• • •

(٥)

ومهما يكن من أثر استخدام الرياح والماء كمصدر للطاقة فان استخدامهما كان ـ كما ذكرنا ـ فى حدود ضيقة جدا وبخاصة فى الفترات المبكرة من تاريخ الحضارة .. ومع ذلك فقد كانت هناك مصادر أخرى للطاقة متاحة حتى للشعوب التى نصفها فى العادة بأنها (بدائية) أمكن لهم تسخيرها بحذق وبراعة، ونعنى **بذلك طاقة الحيوان والنبات .**

ومن الصعب أن نحدد بدقة بداية استئناس الحيوان ، وربما كان ذلك قد تم بطريقة عرضية بحتة فى بعض مراحل ما قبل التاريخ « حينما حامت أنواع معينة من الحيوان متخفية حول النار لالتقاط الفضلات ، ثم روضت تلك الحيوانات من أجل التسلية والصحبة بدافع من المودة التى لا تزال تربط بين الأولاد الصغار ، وبين السلاحف والخنافس والأشياء الأخرى » (٢٦) ولكن ذلك لم يلبث أن تحول الى عملية استئناس متعمدة للاستفادة من الحيوانات فى أداء (الشغل) الذى يتطلب بذل طاقات اضافية فوق طاقة البشر ، وذلك طبعا بالاضافة الى الاستفادة من لحوم تلك الحيوانات ولبنها وجلودها وعظامها وغير ذلك . وكانت الحيوانات الأولى المبكرة بوجه خاص تفوق الانسان فى الحجم وفى معدل بذل الطاقة . ومنذ عصور ما قبل التاريخ استعان الانسان بالحمير والثيران التى كانت « تمثل زيادة فى مورد الطاقة المستفاد بها تتراوح بين ضعفين وسبعة أضعاف

(٢٥) الواقع أن استخدام قوى الماء لأغراض الرى ، واستغلال الاختلافات الطبيعية بين مستويات الأرض كان أمرا معروفا منذ العصور القديمة . فقد ظهرت العجلات الافقية مثلا حوالى القرن الأول قبل الميلاد وكانت قوتها تقدر بحوالى ٣ر. كيلو وات . وحوالى القرن الرابع تم اكتشاف واستخدام العجلات الرأسية التى وصلت قدرتها الى حوالى ٢ كيلو وات ، وكانت هذه العجلات تستخدم فى أول الأمر فى طحن الغلال وما الى ذلك من أعمال اليه . وفى القرن السادس عشر كانت العجلات التى تدار بقوة الماء (أو السواقى) أهم أداة تستخدم فى التحريك بل انها أصبحت أساس التصنيع فى أوروبا الغربية . وفى القرن السابع عشر كان ناتج القوة يصل الى مستويات عالية نسبيا بلغت فى بعض الأحيان الى أكثر من خمسين كيلو وات . أما الطواحين الهوائية فالأغلب أنها ظهرت لأول مرة فى أوربا فى القرن الثامن عشر واستخدمت فى طحن الغلال ورفع المياه والأثقال من المناجم وما الى ذلك . وتصل قدرة هذه الطواحين الهوائية أحيانا الى ١٢ كيلو وات ، ولكن عيبها الأساسى هو اعتمادها تماما على الرياح . أما البخار فان استخدامه كمحرك يعتبر حديثا نسبيا اذا قورن بالطواحين المائية أو الهوائية ، وان كان هناك ما يدل على أن تجربة من هذا القبيل أجريت فى الاسكندرية فى القرن الأول الميلادى ، ومع ذلك فالواقع أن البخار لم يستخدم بكفاءة وفاعلية الا منذ القرن السابع عشر كقوة محركة ، بل أن الثورة الصناعية المبكرة كانت تعتمد فى أول الأمر على الطواحين الهوائية والمائية كمحركات أولية . ولذا كانت مراكز التصنيع تنشأ وتقام حيث توجد تلك الطواحين ومصادر القوة ، ولم تصبح الآلة البخارية محركا أوليا الا منذ منتصف القرن التاسع عشر فى أوروبا . أنظر فى ذلك :

Starr, Chauncey ; " Energy and Power ", Scientific American, Vol. 225, No. 3, Sept. 1971, pp. 37-38.

(٢٦) أسيموف ، المرجع السابق ذكره ، صفحة ١٢ .

الطاقة المتوافرة من عدد مماثل من الرجال ، بينما الخيل تضاعف مورد الطاقة المستفاد بها عشرة أضعاف » (٢٧) . ولكن على الرغم من ان استعمال الحيوانات يرفع معدلات الطاقة التي يمكن بذلها فان ذلك يتم في حدود متواضعة نسبيا ، حتى لو اخذنا في الاعتبار استخدام الحيوانات الضخمة مثل الجمال والفيلة ، كما ان العناية بالحيوانات ذاتها تكلف الانسان بذل قدر من طاقته ، الخاصة التي كان يمكن استخدامها في قضاء حاجاته المباشرة ...

بيد ان استئناس الحيوان ادى الى زيادة مصادر الطاقة المستخدمة في بناء الحضارة من ناحية اخرى مختلفة تماما . ذلك ان هذا النوع من النشاط يعني بالضرورة تحقيق زيادة محسوسة في انتاج الطعام وغير ذلك من نتاج الحيوانات بالنسبة للجهد الذي يبذله الانسان في عمله ، اعني الجهد المبذول في قنص الحيوان وتربيته . فعملية الاستئناس تختلف اختلافا جوهريا عن القنص والصيد . ففي حياة القنص يقوم الانسان بقتل الحيوان واكل لحمه دون ان يستفيد منه في العمل او في الحياة اليومية وذلك بعكس الحال بالنسبة لعملية استئناس الحيوان وتربيته ، اذ يعيش الانسان هناك على القطيع دون ان يؤدي ذلك الى نقصان حجم القطيع ، بل العادة ان حجم القطيع يزداد باستمرار ان لم تقم عوامل طارئة تؤدي الى هلاكه . وزيادة حجم القطيع معناه بطبيعة الحال زيادة موارد الطاقة الكامنة في الحيوانات والتي يمكن استخدامها في (الشغل) وبالتالي اتاحة فرصة اكبر لتحقيق مستوى اعلى من الحضارة .

ولقد ساعد استئناس الحيوان بشكل مباشر على استئناس وتدجين النباتات البرية مما ادى الى تحول شعوب واقوام العصر الحجري القديم والوسيط من حياة الجمع والالتقاط والقنص التي تعتمد على التنقل الى حياة الاستقرار ، وما ارتبط بالاستقرار من زيادة التحكم في المصادر النباتية الطبيعية ، ثم ممارسة الزراعة كأسلوب للعمل والحياة . وربما كان اهم النباتات التي تم استئناسها وتدجينها هي الحبوب التي يصفها تايلور Tylor بأنها « **المحرك الأعظم لقوى الحضارة** » ، على اعتبار ان كل الحضارات الكبرى القديمة ظهرت نتيجة لزراعة الحبوب . بل اننا لا نكاد نعرف حضارة واحدة ازدهرت بعيدا عن هذا النوع من الزراعة .

ويرجع ظهور الزراعة الى العصر الحجري الحديث او العصر النيوليثي Neolithic الذي يتميز بالفؤوس الحجرية المصقولة . وبتوصل الانسان الى « زراعة » الطعام و « تربيته » بدلا من مجرد الاكتفاء بجمعه او قنصه . وكما يقول وليام هاولز : « لو تعين علينا ان نختار اعظم واجل تغير واحد طرأ على التاريخ البشري كله حتى وقتنا الحاضر لكان هو استئناس الطعام وتدجينه . وانا اعنى هنا بالطبع التغير الناشيء عن التطور الثقافي باعتباره متميزا عن التغير البيولوجي » (٢٨) . ويمكن ارجاع بدء ذلك العصر الى حوالي عام ٦٠٠٠ ق.م. والواقع انه حوالي عام ٤٠٠٠ ق.م كانت القرى الزراعية قد انتشرت انتشارا واسعا في الشرق الادنى ، وكان العمل الاول للناس حينذاك هو زراعة القمح والشعير ، مستخدمين في الحصاد مناجل مستقيمة هي عبارة عن قطعة من الخشب او العظام تثبت فيها نصال حادة من الصوان ، كما كانوا يطحنون الغلال على طاحونة يدوية دوارة

---

(٢٧) المرجع السابق ، صفحة ١٤ ـ انظر ايضا

White, L.A. ; Science of Culture, op. cit., p. 371.

مصنوعة من الحجارة ، او على رحى حجرية . ولكنهم الى جانب الزراعة كانوا يهتمون بتربية الابقار والاغنام والماعز والخنازير ، بالاضافة الى قنص الحيوانات البرية وصيد السمك والطيور . ومع أن الزراع الأوائل في العصر الحجرى القديم لم يعرفوا صناعة الفخار او نسج الملابس ، فانه يكفى لتقدير مدى تقدمهم الحضارى واستخدامهم للطاقة غير البشرية ان تدرك انهم كانوا يعتمدون في المحل الاول على طاقة الحيوانات التى استأنسوها ، بالاضافة الى الأدوات والآلات الزراعية المصقولة المصنوعة من الحجارة الصلبة ايضا .. الا ان هاتين الصناعتين ظهرتا مع ذلك في قرى العصر الحجرى الحديث في وقت مبكر نسبيا . وصناعة الاوانى الفخارية بالذات التى تحتاج الى تطويع الطفل او الصلصال قبل تشكيله باضافة الرمل او الحصى تعتمد على الطاقة الكامنة في النار التى تستخدم في احراق الطفل بعد تشكيله وذلك لتغيير طبيعته الكيميائية . وفي الوقت ذاته ظهرت في أوروبا الفؤوس الحجرية المشحوذة التى كانت تستخدم في قطع الاشجار وتطهير الارض من الغابات لزراعتها . وقد اضافت هذه الفؤوس طاقة اخرى اضافية جديدة الى طاقة المجهود العضلى الذى يبذله الانسان . ومع ذلك فان جهود الانسان لازالة الغابات بالفاس الحجرية لم يقدر لها النجاح تماما . فقد كانت الغابات تنمو طيلة الوقت من جديد ، ولم يستطع ازالتها كلية والى غير رجعة سوى الفاس المصنوعة من الصلب ، وذلك في العصور الوسطى (٣٩) .

وواضح من هذا كله كيف ان التقدم في التطور الحضارى كان يرتبط منذ نشأة الانسان المبكر بالزيادة في مقدار الطاقة التى يتحكم فيها الانسان عن طريق الاساليب الرعوية والزراعية . وهذا هو في الواقع ما تدل عليه الآثار الاركيولوجية خلال الآلاف القليلة الماضية من الاعوام . اذ لم تلبث الحضارات القديمة الكبرى ان ظهرت بعد اختراع الزراعة بالذات ، وهذا يصدق على مصر وبلاد ما بين النهرين والهند والصين بل وفي بعض مناطق العالم الجديد في المكسيك واواسط امريكا ومرتفعات الانديز ، والواقع انه بعد بضعة مئات الالوف من السنين من التطور البطيء خلال العصور الحجرية القديمة لم تلبث الحضارة ان ازدهرت نتيجة لازدياد مصادر الطاقة التى امكن توفيرها بالزراعة وتربية الحيوان ، وبذلك حلت المدن الكبرى والأمم والامبراطوريات محل القرى والقبائل نتيجة للثورة الزراعية ، وامكن تحقيق كثير من التقدم السريع وبخاصة في العالم القديم في كل الفنون من صناعية وجمالية وعقلية ، كما تم تنفيذ كثير من المشروعات الهندسية الضخمة (٤٠) .

بيد ان هذا كله لا يعنى ان تطور الحضارة كان مستمرا طيلة الوقت وبغير توقف نتيجة لاكتشاف مصادر جديدة للطاقة وزيادة التحكم فيها وابتكار اساليب جديدة في الزراعة وتربية الحيوان . بل ان سير الحضارة كثيرا ما كانت تعترضه بعض العقبات والعوائق التى تعطل من تقدمه أو على الاقل تضعف من قوة اندفاعه . وبقول آخر فان سير الحضارة لم يكن يتجه دائما

---

(٣٨) وليام هاولز ، المرجع السابق ذكره ، صفحة ١٨٦

(٣٩) المرجع السابق ، صفحة ٣٩ .

(٤٠) White, Science & Culture, p. 372 انظر كذلك كتاب الاستاذ جوردون تشايلد عن « الانسان يصنع نفسه » Childe, G. ; Man Makes Himself.

فى خط راسى محققا مزيدا من التقدم الجوهرى ،وانما كثيرا ما كان يسير فى مستوى افقى لفترة طويلة من الزمن دون ان يحقق اى تقدم يذكر ،وهذا على فرض انه لم يكن يتعرض لبعض الانتكاسات التى كانت ترد بعض الشعوب والاقوام الى مستوى حضارى أدنى مما بلغته بالفعل . ولعل خير مثال لذلك هو الفترة الطويلة التى انقضت بين ما يعرف باسم الثورة الزراعية التى بلغت اوجها فى مصر وبلاد ما بين النهرين والصين حوالى عام ١٠٠٠ ق.م من ناحية ، والثورة الصناعية التى تحققت فى أوروبا مع مطلع القرن التاسع عشر . فكثير من علماء الحضارة يرون ان المستوى الذى بلغته تلك الدول القديمة الثلاث ظل سائدا دون ان يطرأ عليه ارتقاء ملحوظ او يتعرض لتغير جذرى طيلة ما يقرب من ثلاثة آلاف سنة حتى بدأ ما يعرف باسم « عصر الوقود The Age of Fuel » الذى يعتبر بداية لنمط جديد تماما من الحضارة . وهذا لا يعنى بطبيعة الحال انه لم يكن ثمة تغيير او تقدم على الاطلاق طيلة هذه الفترة من الزمن ، لان الانسان تمكن بالفعل من تحقيق الكثير من الابتكارات فى مجال الزراعة ، ولكن الذى نقصده هو ان كل هذه المظاهر من التقدم لا يمكن ان تقارن بما كانت الحضارات القديمة فى الشرق قد انجزته بالفعل من طريق الثورة الزراعية ، وان التقدم الذى يمكن مقارنته بهذه الثورة هو ظهور عصر القوى Power Age او حتى ثورة الوقود . وعلى اى حال فالظاهر ان ما احرزته الحضارة الانسانية من تقدم فى العصور الزراعية الطويلة لم يكن بقدر له ان يحقق مزيدا من النجاح الجوهرى لولا ان تمكن الانسان من اختراع وابتكار وسائل جديدة للتحكم فى مقادير اضافية من الطاقة . وقد تم ذلك نتيجة لاكتشاف مستودعات الفحم والنفط والغاز الطبيعى التى تعرف عموما باسم الوقود الحفرى Fossil Fuel ونجاح الانسان فى التحكم فى الطاقة الكامنة فى هذه الاشكال من الوقود ثم استخدامها لصالحه عن طريق البخار وآلات الاحتراق الداخلى . ولقد اضافت هذه الاكتشافات مقادير هائلة الى الطاقة المتاحة لبناء الحضارة او بالاحرى لبدء مرحلة حضارية جديدة تماما ، وهذا هو الذى يدفع الى مقارنة « ثورة الوقود » بالثورة الزراعية . اذ ترتب على كل منهما تحقيق زيادة كبيرة فى السكان وحجم الوحدات السياسية ، وحجم المدن وتراكم الثروات والنمو السريع فى الفنون والعلوم (٤١) .

وقد يكون من الصعب علينا هنا ان نتتبع بكل دقة وتفصيل كل أشكال الطاقة وصور التقدم الحضارى والانماط الثقافية التى صاحبت اكتشاف الانسان لمصادر جديدة من الطاقة واستغلاله لتلك المصادر والتحكم فيها . ولكننا نستطيع من كل ما قيل حتى الآن ان نتبين ان الانسان فى كل مراحل حياته وتطوره كان يصنع آلاته وادواته بما يتناسب مع مصادر الطاقة المتاحة له . فالادوات والاسلحة البسيطة الساذجة التى كان يستخدمها جامعو الطعام ، والصيادون الأوائل تتناسب تماما مع مصدر الطاقة الطبيعية الوحيد الذى كان متاحا لهم ، ونعنى بذلك الطاقة الكامنة فى الجسم البشرى او الكائن العضوى نفسه على ما ذكرنا . وحين اكتشف الانسان طاقة الحيوانات وعرف كيف يتحكم فيها استخدمها فى الزراعة وصنع المحراث الذى تجره الحيوانات وامكنه بذلك ان يزرع مساحات اكبر من الارض لم يكن فى استطاعته ان يزرعها باستخدام عصا الحفر مثلا ، وادى ذلك بدوره الى توسيع دائرة الطعام ، بل ووفرة الغذاء بكميات كبيرة ، مما ساعد على

(٤١) White, Science of Culture, op. cit., pp. 373-4.

قيام تجمعات بشرية اكبر واكثر استقرارا ... بل ان استغلال مصادر الطاقة غير البشرية ـ سواء اكانت طاقة الحيوانات او طاقة بعض القوى الطبيعية كالرياح والماء ـ وما ترتب عليه من زيادة كبيرة في انتاج الطعام ساعد بشكل مباشر على انصراف بعض افراد المجتمع الى الاشتغال بأعمال وانشطة اخرى غير انتاج الطعام ، وهذا معناه ان استغلال تلك القوى ساعد على ظهور التخصص وتقسيم العمل ، وما ارتبط بذلك من التفاوت بين الجماعات وتشعب العلاقات الاجتماعية بين اعداد متزايدة من الناس ، ثم تنوع الحاجات والمطالب وزيادة التكافل الاجتماعي . وليس من شك في ان كل هذا التعقد كان يتطلب بالضرورة وجود وقيام نوع من التنسيق والضبط والتحكم والتوجيه ، مما استلزم في آخر الامر وجود هيئة مركزية تتولى مثل هذه العمليات .

والواقع ان هذا ينطبق على المراحل الاكثر تقدما وتطورا منه على المراحل الدنيا من التطور الحضاري والثقافي ، بل انه يتمثل في أوضح صوره في المجتمع الصناعي الحديث ، حيث تبلغ مصادر الطاقة المتاحة درجة عالية من التعقد والتنوع تقابلها درجة مماثلة من تعقد وكفاءة الاساليب التكنولوجية ، والآلات والادوات التي تستلزم وجود درجة عالية من التخصص والتنوع في العمل واوجه النشاط وتعقد الحياة الاجتماعية وتشابكها . بل الاكثر من ذلك اننا نجد في المصنع الحديث بالذات عددا قليلا نسبيا من الافراد يقومون بتشغيل آلات معقدة تستنفد كميات هائلة من الطاقة لانتاج قدر كبير من السلع التي يحددون نوعيتها (بل وكميتها ايضا) مجموعة اقل من الرجال الذين يتولون امور التخطيط والادارة والاشراف على الانتاج . بل ان اختيارات وقرارات هؤلاء الافراد القلائل تؤثر تأثيرا مباشرا في حياة عشرات ومئات الآلاف من المستهلكين . ولم يكن هذا ليتيسر لهم لولا الطاقة الهائلة التي يستغلونها في تشغيل تلك الآلات المعقدة التي تنتج السلع ، والتي تعتمد اعتمادا مباشرا على طاقة الوقود الحفري بانواعه واشكاله المختلفة . والواقع ان التصنيع ذاته لم يكن يقدر له ان يقوم ويحقق هذه الدرجة من التقدم والتشعب والتنوع لولا استخدام تلك الطاقة المركزة (٤٢) . والمعروف ان الفحم والنفط والغاز ، وهي مصادر الطاقة التي تساعد على قيام الصناعة الحديثة ترجع الى ما لا يقل عن مائتي مليون سنة ، وان الطاقة التي تحملها هي في الحقيقة طاقة الشمس التي تركزت في المادة العضوية عن طريق عمليات التمثيل الضوئي في النباتات الخضراء . وهذا معناه أن الانسان حين يستخدم هذه الانواع من الوقود الحفري فانه يستخدم في حقيقة الامر الطاقة الشمسية ، ويعتمد على نشاط النباتات في تركيز هذه الطاقة في صورة يستطيع الانسان ان يستخدمها . وعلى اي حال فان اكتشاف الوقود الحفري فتح ابواب الابتكار على مصراعيها امام المهندسين والمخترعين الذين يمكنهم استغلال الطاقة في تنفيذ اشد المشروعات تعقدا وضخامة في وقت قصير نسبيا ، اذا قورن ذلك بالمجهود والوقت اللذين كان يمكن بذلهما لو ان الطاقة البشرية أو الحيوانية هي التي كانت تستخدم في تنفيذ مثل تلك المشروعات الهندسية الجبارة . والمهم هنا هو ان الانسان الحديث عرف عن طريق التقدم العلمي كيف يحول الطاقة الكامنة في الوقود الحفري الى طاقة كيميائية وكهربائية ، بل انه عرف كيف يبتكر الاساليب لتوليد الكهرباء ، واستغل في ذلك قوى الطبيعة التقليدية ، اعني قوة الرياح والماء ، واستخدم ذلك كله في الانتاج وفي العمل على تطوير المجتمع الانساني والوصول به الى مستويات عالية من

(٤٢) Watson, op. cit., p. 116.

التقدم الحضاري والسيطرة على البيئة الطبيعية ذاتها التي يعيش فيها . فالانسان الحديث لم يعد يقنع بأن يحيا في تلك البيئة الطبيعية ، أو حتى أن يحيا حياة هانئة ، وانما هو « يأخذ الدنيا بين يديه » على ما يقول واطسون (٤٢) ، ويشكلها كيفما شاء وحسب رغباته ، وينتج أشياء لا تستطيع الطبيعة ذاتها أن تنتجها ، وهي أشياء يصنعها لكي يشبع حاجاته المختلفة ، وان كان هذا في الوقت ذاته يؤدي الى خلق حاجات ورغبات ومطالب جديدة يعمل على اشباعها من جديد . وهكذا نجد أن الانسان بعد أن يتمكن من صنع كل تلك الاشياء لتكون في خدمته لا يلبث أن يصبح هو نفسه عبدا لتلك الاشياء التي تتحكم في حياته الى حد كبير .

ومع كل هذا التقدم المرتبط بالطاقة فالظاهر أنه لا تزال هناك مجالات أخرى جديدة سوف يرتادها الانسان في المستقبل ، ويحقق فيها مستويات من الحضارة أعلى بكثير من كل ما أمكنه الوصول اليه حتى الآن . . وذلك أن الانسان الحديث اكتشف مصادر الطاقة الذرية وبدأ يخضعها ويتحكم فيها ويسخرها لصالحه ، وبدونه سوف يفلح في الوصول بالحضارة الحديثة الى آفاق لا يتصورها العقل في الوقت الراهن على الاقل ، وأن التحكم في تلك الطاقة الجبارة سوف يضع أمام الانسان امكانيات هائلة للتقدم في مختلف المجالات . بل أنه قد يستطيع عن طريق استخدام تلك الطاقة أن يعيد تشكيل هذا العالم والبيئة التي يعيش فيها على نطاق واسع ، بل وقد يغير حياته هو نفسه كلية ، خاصة وأن النشاط الاشعاعي يؤثر تأثيرا مباشرا على « الجينات » أو حاملات الوراثة . وقد يستطيع أن يستفيد من هذه التأثيرات في الوصول الى نتائج مرسومة ومدروسة حول الانسان نفسه وحياته ومصيره .

وعلى الرغم من كل هذا فانه لا يمكن الزعم بأن التطور أو التقدم الثقافي والحضاري المرتبط باكتشاف مصادر جديدة للطاقة كانت كل نتائجه خيرا على الانسان . فلقصة الطاقة والحضارة وجه آخر غير مشرق تماما . ذلك أن الاعتماد على الوقود الحفري في مختلف أشكاله للاستفادة من الطاقة الكامنة فيه يعني زيادة الغبار والكربون وثاني أوكسيد الكربون وكثيرا من التركيبات الكيميائية الاخرى التي تعمل على تلويث الهواء والبيئة بل والماء الذي نشربه حيث تلقي المصانع بفضلاتها وبقاياها ونفاياتها . ثم أن اطلاق الطاقة الذرية رغم كل ما يمكن أن يقدمه من خير للانسان والحضارة يحمل بين ثناياه امكانية تدمير تلك الحضارة وفناء العالم كله . فالطاقة الذرية التي تستخدم في الصناعة يمكن أيضا أن تستخدم في الحروب المدمرة ، وفي جميع الاحوال فان ثمة خطرا هائلا يكمن في النشاط الاشعاعي والغبار الذري الذي ينتشر في الجو حول العالم كله ، وقد يصل الى درجة تهدد ليس فقط حياة الانسان بل وكل حياة على هذه الارض .

وعلى أية حال فان ثمة سؤالا يتردد بالضرورة على الذهن وهو : ما المصير ؟

ان مصادر الطاقة الكامنة في شكل وقود حفري تستهلك بمعدلات متزايدة ، ولابد من أن تنضب يوما ما ، كما أن كمية المواد القابلة للانشطار محدودة في هذا العالم ، شأنها في ذلك شأن كل المواد الخام الاخرى . فهل يا ترى يعود الانسان مرة أخرى الى أسلوب حياته البسيطة

---

(٤٢) Ibid, p. 117.

السلاجة حين كان يعتمد على الزراعة مستخدماالطاقة البشرية والحيوانية وما اشبه ! هذا امر يصعب تصوره ... فمع ان الكثيرين من علماءالحضارة لايستبعدون حدوث النكسات الحضارية ، وان البعض الاخر يتصورون سيرالحضارة على شكل دورات تتراوح بين التقدم والتراجع والتدهور ، فليس من شك فى أن التقدمهو سنة الحياة الانسانية والمجتمع والحضارة . وقد تنضب مصادر الطاقة من الوقود الحفرىوالمواد القابلة للانشطار ، ولكن يبدو انه سوف يظل هناك المصدر الاساسى الذى يزداد الالتفاتاليه الآن وهو الشمس . فالاغلب ان الاعتماد على الشمس كمصدر للطاقة سوف يزداد فىالمستقبل،وانه هو المصدر الوحيد الذى لايحتمل ان ينضب او يستهلك تماما ويفنى . ويزيد من اهميته انهليست له اية آثار اشعاعية او تهديد بتلوث البيئة ، وبذلك يبدو أن الانسان سوف يعود مرةاخرى الى احضان الطبيعة والى مصدر الحياة ذاتها لكى يقيم عليها حياته وحضارته فىالمستقبل .

ولكن حتى يأتى ذلك اليوم فالظاهر اناسلوب الحياة فى المجتمع الصناعى سوف يظل قائما مادامت هناك مصادر للوقود الحفرىوللطاقة الذرية ، ومادامت هناك المواد الخام التى تستخدم تلك الطاقة فى تصنيعها . ولابد للانسانمن ان يتحمل الآثار السيئة الضارة المرتبطة باستخدام مصادر الطاقة المتاحة فى الوقت الحالىالى جانب مايفيده من خير لاشك فيه . ويبدو ان الانسان نفسه يجد ـ على حد قول تيرنر Turner كثيرا من المتعة فى هذا النشاط الصناعى رغم كل ما به من اضرار ومتاعب وارهاقمادام يشبع حاجاته ومطالبه المتزايدة ، وهو ما يعبر عنه شاعر التاج روبرت بريدجز Robert Bridges فى قصيدته عن « عهد الجمال » حيث يقول :

« حينما اخذت الى حجرة الآلات يوما فى صباى فى الورش الصاخبة لمصنع عظيم
وقفت وجها لوجه مع القوة الدافعة الهائلة الجاثمة فى ردهة سفلى
والتى جعلت كل الطوابق ترتجف الف نول تختلج ، ودواليب غزل ترقص
شعرت فى نفسى برابطة نسب وحنان نفس الشعور الذى يخالج الاطفال
نحو الفيلان التى يعشقونها (٤٤) .

* * *

(٤٤) انظر د.م.بترلر : « الكشف العلمى » ترجمةاحمد محمود سليمان ومراجعة د.محمد جمال الفندى ـ دار الكاتب العربى ، القاهرة ـ صفحة ١٧٩ .

التفكير الابداعي والمجتمع الحديث

عبد الحليم محمود السيد *

١ - اهمية الابداع فى المجتمع الحديث :

لقد اصبح الاهتمام الشديد بالابداع (*) دراسة وتنمية من ابرز خصائص العصر الحالى المميزة لروحه ، عصر الفضاء الذى يشحذ المخيلة .

---

* الاستاذ عبد الحليم محمود السيد باحث بالمركز القومى للبحوث الاجتماعية والجنائية بالقاهرة وله دراسات فى الابداع والشخصية .

(*) يتفق معظم المفكرين على ان الابداع (Creation) هو انتاج شيء ما على ان يكون جديدا فى صياغته ، وان كانت عناصره موجودة من قبل ، كابداع عمل من الاعمال العلمية اوالفنية او الادبية . والاختراع (invention) ليس الا احد جوانب الابداع ، وهو عبارة عن انتاج مركب جديد من الافكار ، او هو بوجه خاص ادماج جديد لوسائل من اجل غاية معينة ، وهو بهذا عكس الاكتشاف (discovery) الذى لا يطلق الا على اكتساب معرفة جديدة باشياء كان لها وجود من قبل ، سواء كان هذا الوجود ماديا او كان نتيجة تترتب بالضرورة على معلومات سبق وجودها (La lande, A., 1951, P. 545)

وقد ينفرد بعض المفكرين بوجهة نظر خاصة فى تعريف الابداع فمثلا ، يرى برونوفسكى (Bronowski, J., 1958) ان الشخص يصبح مبدعا - فنانا كان او عالما متى ما يجد الوحدة فى تنوع الطبيعة ، او فى اشياء لم يكن يظن من قبله ولا يتوقع ان تكون بينها وحدة . ويؤكد ان « الابداع » فى كل من الفن والعلم يرتبط ارتباطا وثيقا بشخصية المبدع ، وحتى ←

ولاشك ان عوامل كثيرة تدفع الى هذا الاهتمام البالغ بالابداع وتدعمه . فلا يمكن ان نغفل في هذا الصدد الكفاح الرهيب على وجه الارض الذى استلزم الجانب العسكرى منه رفع معدلات الاختراع لتنمية اسلحة مبتكرة ، واستراتيجيات جديدة ، خاصة وان حالة جمود الحركة (١) في نطاق الاستعدادات الحربية ، او تعادل آثار الاسلحة والوسائل المادية للصراع ، جعلت الصراعات في اساسها تجرى بين العقول المبدعة ، بحيث اصبحت نتائج الصراع مرهونة بمقدار ابداع العقول لدى القوى المتقابلة ، مما جعل العلماء يواجهون تحديات في الجبهات العقلية، العلمية والثقافية، وكذلك الجبهات الاقتصادية والسياسية . بل ان الحرب الباردة اصبحت تتطلب اسلحة دفاعية جديدة وبمعدلات سريعة .

يضاف الى هذا ان وجودنا في عالم يتفجر سكانا يتنافسون اكثر من اى وقت مضى على مصادر ثرواته ، بكل ما يخلقه هذا التنافس من مشكلات سياسية دولية ومشكلات اجتماعية داخل عدد كبير من البلاد لدى فئات اجتماعية عريضة محرومة من مقومات الحياة الكريمة . وكل ما يترتب على هذا التفجر السكانى من مشكلات يستلزم بحثا دائبا عن حلول اصيلة تحقق توافقا في مجال العلاقات السياسية الدولية والمشكلات الاجتماعية والاقتصادية المترتبة على زيادة السكان .

ان كلا من المجتمعات المتقدمة والآخذة في سبيل النمو في حاجة ماسة في العصر الحديث الى ايجاد حلول مبتكرة لانشاء نظم اقتصادية تمكنها من توفير العمالة اللازمة لأبنائها والأجور الملائمة ، بطريقة لا تعيق التجديد والاستعانة بادوات التكنولوجيا الحديثة للافادة من امكانياتها من ناحية ، وتستثير القدرات الانسانية الخلاقة من ناحية اخرى .

وتدفع الى بعض انواع النشاط الابداعى في المجتمع الحديث محاولات القضاء على «الملل»، سواء ذلك الملل الذى يعقب الحروب الكبرى ، او ذلك الملل الذى يعد احد امراض الصناعة الحديثة، حيث لم يعد العمل يتطلب ـ في معظم الاحيان ـ اتخاذ القرارات او التفكير البناء ، بعد ان اصبحت الآلات الحديثة تقوم بعمليات فكرية كثيرة كان الانسان من قبل يقوم بها ،

←

ابداع النظرية العلمية يرتبط اساسا بقدرة احد العلماء على تخيل علاقات تتجاوز الوقائع ، بحيث ان هذا العالم يتوصل الى نظريته نتيجة لقدرته على الاختيار من بين البدائل المتعددة الميسرة لكل الاشخاص . ويرى ان ارتباط الابداع بشخصية المبدع يفسر ارتباط الازدهار ، في كل من الفن والعلم ، بالظروف المكانية والزمانية التى لا تثمر فيها شخصيات الفنانين والعلماء .

الا ان برونوفسكى يذهب الى التمييز بين الاكتشاف والاختراع من جهة وبين الابداع الفنى ، من جهة اخرى ، لانه يرى ان « اكتشاف » اشياء كانت موجودة من قبل ـ مثل اكتشاف كريستوفر كولومبوس لجزر الهند الغربية ، و « اختراع » اشياء تعتمد على ادماج مجموعة من المبادىء التى يسبق التوصل اليها مثل اختراع « جراهام بل » للتليفون ، كل منهما يختلف ـ في رأيه ـ عن الابداع ، الذى يرتبط بشخص المبدع ، كارتباط « هاملت » بشكسبير ، فرغم ان الدراما كانت ستوجد في العصر الاليزابيثى ، حتى اذا لم يوجد شكسبير ، فانه لم يكن من الممكن لأحد غير شكسبير ـ رغم اعتماده على الروائيين السابقين عليه ـ ان يكتب « هاملت » . ورغم ان كل عنصر من عناصر « هاملت » قد تناوله شعراء آخرون ، فان ادماج شكسبير لهذه العناصر يجعلنا نربطه بعقل شكسبير بالذات .

وسوف نرى ان الاعتقاد الذى ساد بين ذوى النزعات الادبية والشاعرية والفلسفية بتفرد العمل الابداعى (سواء كان عملا فنيا فقط او فنيا وعلميا معا) وكذلك بتفرد شخصيات المبدعين ذوى الدرجات المرتفعة جدا من القدرة الابداعية ، هذا الاعتقاد منع اصحابه من ادراك درجات متعددة ، ومظاهر مختلفة للقدرة على الابداع .

(١) Stalemate.

او الملل الناشىء عن وقت الفراغ المتزايد فى عدد كبير من الدول المتقدمة نتيجة استخدام الأساليب التكنولوجية الحديثة فى الانتاج وتخفيض ساعات العمل ، مما يدفع الى محاولات لتوجيه النشاط الى مسالك الجهد الابداعى يتذوق فيها الافراد طعم المكافاة على العمل الخلاق (Guilford, J. P., 1959)

ولم يعد مستقبل الامم الآن – فى عصر العلم والتكنولوجيا الحديثة – ، **يعتمد على مجرد عدد القوى العاملة بها ، بل اصبح عليها ان تكافح من اجل ايجاد نوع ممتاز من العاملين ، وبخاصة الأفراد المبدعين من اجل مواجهة مشكلاتها الحيوية** ، لأن الاعتماد على مجرد عدد العاملين ومقدار التسهيلات المادية ، اصبح باهظ التكاليف ؛ بل انه كثيرا ما يثبت عدم كفاءته واضاعته للجهد . لهذا لم تعد **الصناعة الحديثة بحاجة الى مجرد زيادة عدد العاملين ، بل انها بحاجة الى زيادة عدد العلماء والمهندسين المبدعين .**

وكما أن **مجرد عدد** العاملين وحدهم ليس هو العنصر الحاسم فى تقدم الأمم ، فان **مجرد الحصول على الأدوات الحديثة لايخلق العلماء.**

وقد لاحظ بعض العلماء بحق أنه كلما زادت قدرة العالِم قلت حاجته الى تسهيلاتوادوات لحل المشكلات ذات المستوى المحدد من الصعوبة ، وكلما قلت قدرته زادت حاجته الى تسهيلات وادوات .

الا أنه عندما **تنخفض قدرة العالم عن حد معين فان الأدوات التى بين يديه – مهما كان مستوى تقدمها – لن تمكنه وحدها من حل مشكلاته . وهذا يعنى اننا دائما بحاجة الى افراد مبدعين ، لأن انجازاتهم تتسم بجودة اكثر وتكاليف اقل** ((Taylor, C.W., 1964, P. 3 — 4).)

لهذا فقد شعر عدد كبير من المؤسسات الصناعية الكبرى بالبلاد المتقدمة ، التى يعمل بها كثير من الباحثين العلماء والمهندسين من أجل تطوير انتاجها ، باهمية الابداع ، وعقدت لهذا الغرض العديد من الاجتماعات والندوات دار الكلام فى معظمها حول التساؤل عن الاسباب التى تجعل الخريجين من نفس الجامعات والمعاهد العلمية ، وذوى الدرجات التحصيلية المرتفعة والحاصلين على توصيات الاساتذة وشهاداتهم بالجودة والتفوق ، يختلفون اختلافا عظيما فيما بينهم من حيث درجة انتاجهم للأفكار الجديدة ، مع ان الجميع يعترف بالقيمة الاقتصادية الكبيرة للأفكار الجديدة الاصيلة .

ولا يخفى ان الحكومات فى معظم الدول تضم عددا كبيرا من الموظفين ذوى المهن العلمية والفنية العليا ، مما يتطلب اساليب علمية لاكتشاف ذوى الامكانيات فى الابتكار العلمى وتنميتهم ورعايتهم .

ومعظم الشكوى – فى البلاد التى تحرص على تنمية مواهبها الابداعية – ان خريجى الجامعات يمكنهم ان يقوموا بالعمل الذى يتضمن اساليبا سبق لهم أن تعلموها ؛ ويشعرون بالضيق وبالضياع عندما يدعون الى حل مشكلات تتطلب طرقاً واساليباً جديدة لم يسبق لهم ان تعلموها (Guilford, J. P. 1950)

هذا فى نفس الوقت الذى أصبح فيه مؤكدا ان الأعمال الابداعية لها تاثيرها الكبير ليس على التقدم العلمى فحسب ، وانما على المجتمع باسره ، لهذا فان المجتمعات التى تعلمت كيف تبذل جهدا فى اكتشاف الافراد الذين تبدو لديهم بوادر القدرة على الابداع ، من أجل تنمية هذه القدرة لديهم وتشجيعهم يغلب ان تتقدم هذه المجتمعات وتتخذ موقعا حضاريا ممتازا .

ومهما كان عدد الافراد المبدعين الذين يبرزون ضئيلا ، فان ثلاثة أو اربعة من العقول ذات القدرة الفائقة على الابداع يمكن ان تحقق

فروقا حاسمة بين بلد وآخر . وفي تاريخ التقدم الانساني بوجه عام ، فان أحد العلماء والمهندسين قد يكتشف بعض المبادىء او يطور احدى العمليات مما يؤدي الى ثورة صناعية ، بينما يقوم مئات آخرون من المهندسين والفنيين ــ المساوين له في التحصيل العلمي ــ باداء أعمالهم التي يكلفون بها بطريقة روتينية . وهذا يبرر الاهتمام بالمبدعين وان بدا عددهم ضئيلا .

وتبرز اهمية الجهود التي تبذل في اكتشاف الافراد المبدعين ورعايتهم اذا علمنا ان كثيرا من الوسائل الحديثة للانتقال والاتصال والانتاج يمكن ارجاعها الى عدد قليل من الافراد المبدعين .

• • •

٢ ــ مظاهر الاهتمام الحديث بالدراسات العلمية للتفكير الابداعي :

يتزايد اهتمام المجتمعات الحديثة بالابداع عاما بعد عام ، بعد أن وضح أن القدرة على الابداع هي أساس التقدم في اي مجال من مجالات النشاط الانساني في المجتمع الحديث ، لهذا فاننا نلاحظ اهتماما كبيرا ببحوث الابداع الاساسية النظرية والتطبيقية ، ويتمثل هذا الاهتمام في تزايد عدد البحوث التي تقوم بها الهيئات والافراد في مختلف البلاد أملا في مغانم بعيدة المدى ، استثمارا لأموال وقوى بشرية بسيطة تتركز في محاولة القاء الضوء على القدرات الابداعية واكتشاف المبدعين في مراحل مبكرة على أساس انهم ثروة قومية بل وانسانية عظيمة.

وتتضح هذه الزيادة الكبيرة في عدد البحوث والمقالات والكتب التي تنشر عن الابداع اذا علمنا أن جملة ما نشر عن الابداع والموضوعات المتصلة به (التخيل ــ الاصالة ــ التفكير) **في فترة حوالي ربع قرن** ــ منذ صدور مجلة الملخصات السيكولوجية عام ١٩٢٧ حتى عام ١٩٥٠ ــ لم يتعد ١٨٦ بحثا او مقالا أو كتابا ، ومنذ انتصاف القرن العشرين وعدد البحوث في تزايد حتى **أن ما ينشر الآن ــ في** أوائل السبعينات ــ **في عام واحد يكاد يقارب في عدده ما نشر في ربع قرن قبل عام ١٩٥٠ !!** هذا عدا التقدم العظيم من حيث الصياغة العلمية لفروض البحوث ، وتطويع جوانب الابداع للمنهج العلمي دون تشويهها ، وتقدم أساليب البحث وملاءمتها للظواهر التي تدرسها ، وتراكم النتائج بطريقة تثري حصيلة الانسانية بالمعرفة العلمية بجوانب الابداع وظروف تنميته .

وجدير بالذكر أن بعض دراسات أكاديمية لها قيمتها العلمية تمت في مصر ــ والبعض الآخر مازال يجرى معظمه تحت اشراف **الاستاذ الدكتور مصطفى سويف** ، وقد امكن نشر هذه الدراسات على نطاق عالمي . ومثل هذه الدراسات من شأنها أن تفتح الطريق الى تطبيقات خصبة في المجتمع العربي اذا خلصت النوايا (*) .

وتستخدم جميع وسائل النشر المتاحة في نشر نتائج دراسات الابداع ، أو امكانيات تطبيقها في الحياة العملية في عدد كبير من الدول . فهناك المجلات العلمية المتخصصة في علم النفس بوجه عام ، كما ظهرت عام ١٩٦٧

(*) وقد كانت هذه الدراسات اساسا لمحاولة تطبيق نتائج بحوث الابداع في مصر لتحسين طرق اختيار طلبة المعاهد الفنية العلمية التابعة لوزارة الثقافة ــ لكن هذه المحاولة الرائدة توقفت ــ رغم محاولات القائمين بها توضيح اسسها (سويف ، ١٩٧٠) ، لانها كانت فيما يبدو اسبق من ان يتمثل اهميتها ودلالاتها معظم الذين احاطوا بها ، ممن تجاهلوها او قاوموها ، لعدم تفهمهم لاسسها وما يمكن ان تجنيه من ثمار ، او لمجرد انها بدعة جديدة .

هذا في حين ان نفس هذه الدراسات هي التي دفعت بعض الجامعات ومراكز البحوث بالسويد والمانيا الغربية الى الافادة من خبرة المشرف عليها عن طريق دعوته لتولي الاشراف على عدد من البحوث العلمية والتطبيقية بها .

مجلة علمية متخصصة « للسلوك الابداعي » فقط . ومجلات ونشرات لغير المتخصصين في علم النفس ممن يقومون بتطبيق نتائج دراسة الابداع وعلى راسهم المعلمـــون في مختلف المستويات ، والمديرون .. الخ .

هذا فضلا عن النشرات العلمية المحدودة للمشتركين في المؤتمرات العلمية المتخصصة عن الابداع ، او اعضاء البرامج التدريبية او طلبة الدراسات العليا في علم النفس .

وقد انعكس هذا الاهتمام الكبير في العدد الكبير للمؤتمرات التي خصصت للابـداع ، والتي اهتم بعضـها بمناقشة ابعاد التفكير الابداعي وجوانبه ، وطرق التعرف على المبدعين واكتشافهم في ضوء ما تم انجازه من بحوث ، كما هو الحال في مؤتمرات جامعة يوتاه المتتالية منذ عام ١٩٥٥ . وقد تركزت معظم الجهود في هذه المؤتمرات على تحسين اســاليب اكتشاف ورعاية العلماء المبدعين .

واهتمت مؤتمرات اخرى بضم تخصصات ومدارس مختلفة من السيكولوجيين لابراز جوانب الابداع من وجهة نظر كل منهم (Anderson, H., 1959)

وعنيت المؤتمرات في الفترة الاخيرة بمحاولة وضع نتائج البحوث موضع التطبيق في مجال التربية ، سواء في سن ما قبل المدرسة كما هو الحال في مؤتمر كلية « ماكالاستر للطرق التربوية لتنمية الابداع في المنزل (Williams, F., 1968) ، ومؤتمرات جامعة مينوسوتا لتنمية المواهب الابداعية لدى الاطفال .

وقد خصص بعض هذه المؤتمرات لطرق استخدام وسائل التعليم والاتصال في تنمية الابداع ، وما يمكن استحداثه في هذا الشان من اساليب ووسائل لتنمية الابداع .
(Taylor, C. W., William, F., 1966)

وقد تشعب الاهتمام بالابداع وتنوعت مناهج البحث فيــه وظهرت انواع مـــن التخصصات في تناوله ، فاهتم البعض اساسا بدراسة القدرات الابداعية لدى الراشدين ، ومن ابرز هؤلاء « جيلفورد » وتلامذته بجامعة جنوب كاليفورنيا .

واهتم البعض الآخر بالابداع العلمي والمحكات السيكولوجية والاجتماعية للتنبؤ به لدى الافراد واهم هؤلاء الباحثين « **كالفن تيلور** » بجامعة يوتاه واهتم معهد تقدير الشخصية وبحوثها – بجامعة كاليفورنيا – بالفروق الفردية والخصال التي تميز مجموعات النابغين من المهندسين المعماريين والعلماء والادباء وعلماء الرياضيات والضباط والجنود من غير النابغين ، ومن ابرز الباحثين في هذا المعهد : « **دونالد ماكينون** » ، « **وريتشارد كرتشفيلد** » و « **وفرانك بارون** » .

كما اهتم « **مركز بحوث كفاءة الجماعة** » بجامعة الينوى بالظروف التي تزيد من السلوك الابداعي لدى اعضاء الجماعات الصغيرة .

واهتم آخرون بالابداع لدى المراهقين ، كما فعل جترلز وجاكسون بجامعة شيكاغو . واهتم **پول تورانس** – استاذ علم النفس التربوى بجامعة مينوسوتا واخيرا بجامعة جورجيا بجوانب النبوغ ومظاهر السلوك الابداعي لدى الاطفال ، ابتداء من سن الحضانة حتى التعليم الثانوى ، كما اهتم بنمو القدرات الابداعية في مراحل العمر المختلفة لدى الاطفال ، ونمط اتجاهات الآباء والمدرسين التي من شانها اعاقة او تدعيم التفكير الابداعي لدى الابناء ، وفضلا عن اسهام (تورانس) في عدد كبير من مؤتمرات الابداع ، فقد نظم هو نفسه عددا منها في مينوسوتا ، كما انشا اخيرا معهدا لتنمية النبوغ الابداعي لدى الاطفال بجامعة جورجيا .

واهتم في الفترة الاخيرة عدد من الباحثين بعلاقة الابداع بمراحل العمر على امتداد مراحل الحياة ، من اجل اكتشاف اكثر

المراحل العمرية خصوبة في الانتاجات الابداعية (Arasteh, A., 1968)

وقد انتشر في السنوات الاخيرة الاهتمام بالتربية الابداعية ومن ابرز الجهود في هذا السبيل جهود معهد التربية الابداعية التابع لجامعة ولاية نيويورك (بوفالو) الذي يعد مركزا قوميا امريكيا للاعلام والتدريب على طرق التدريس التي تساعد على تنمية المهارات الابداعية في التفكير وحل المشكلات بطرق مبتكرة ، وكذلك جهود مركز بحوث تنمية التعليم بجامعة وسكونسن ، حيث توجد برامج خاصة للتربية الابداعية .

هذا بالاضافة الى جهود عدد كبير من الباحثين التجريبيين في اتجاه تنشيط وتنمية التفكير الابداعي بوجه عام ، والتفكير الذي يتسم بالاصالة والجدة بوجه خاص ، ومن ابرز هؤلاء « **ارفن مالتزمان** » وزملائه بجامعة كاليفورنيا (لوس انجلوس) **وريتشارد كرتشفيلد ومارتن كوفنجتون** بجامعة كاليفورنيا (بركلي) .

• • •

٢ ـ عقبات واجهت الدراسة العلمية للتفكير الابداعي :

على الرغم من شدة الاهتمام الحديث بالدراسة العلمية للتفكير الابداعي فقد واجه هذا النوع من الدراسة عقبات اخرت نموها فترة طويلة من الزمان ، حتى انتصاف القرن العشرين ، حيث كان الباحثون يتجنبون التعرض لدراسة هذا الموضوع ، لانه كان يبدو غير قابل للدراسة وغامضا ويؤدي الى اضطراب التفكير العلمي للخريجين من الدارسين وافساده ، مما جعل معظم الدراسات التي اجريت ـ قبل اهتمام جيلفورد ومعاونيه بالتخطيط الشامل لدراسة القدرات الابداعية عام ١٩٥٠ ـ دراسات هامشية (May Rållo, 1959, P. 55)

وفيما يلي اهم عقبات دراسة الابداع دراسة علمية :

أ ـ التشكك في القدرة على ادراك كنه « عملية الابداع » ، او طريقة العقل في الابداع ، اما اعتقادا بان العقل لا يستطيع بحكم تكوينه واساليبه في الفهم والتحليل ان يصل الى كنه عملية الابداع والاختراع في انبثاقها وعدم قابليتها للقسمة ، وعلى انه يفسد هذه العملية ويشوهها عند محاولة تحليلها لفهمها ـ كما ذهب الى هذا الفيلسوف الفرنسي « هنري برجسون » (Bergson, H., 1948, P. 165)

او اعتقاد بان مجرد محاولة ملاحظة الفرد لنفسه اثناء عملية الابداع من شانها ان تجعل هذه العملية تتقلص ، وفي هذا يقول الفيلسوف الالماني (كانت) في كتابه الانثروبولوجيا : ان القوى النفسية عندما تعمل فان المرء لا يلاحظ ذاته ، فاذا لاحظ الشخص نفسه توقفت هذه القوى » !

وقريب من هذا اعتقاد كثير من الفنانين منذ زمن بعيد ان العمل الفني موهبة يمكن فقدانها اذا تحدث الشخص عن اسرارها . ويرجع البعض انواع عدم السواء الذي عرف به الفنانون ، الى قلق الاعتماد على الارواح الملهمة التي قد لا تتلقى اوامر بالابداع ، مما يؤدي الى مخاوف فقدان المقدرة وسرعة الاستثارة والياس والضيق من الانتظار ، وهوس الابتهاج بالنجاح والقيام بانواع من الطقوس المتقنة اللازمة لخلق الظروف المناسبة « لتحضير » ارواح الابداع والالهام . ومن هنا يرى البعض انه لا يبلغ انسان عاقل مرحلة الصدق في النبوءة والالهام ، لانه اذا استقبل الكلمة الملهمة فانه اما ان يحجز عقله ويدعه نائما ، او يجن موقتا عن طريق اضطراب مزاجه ، لهذا يشير افلاطون في محاورة فيدروس الى انه ليس من قبيل المصادفة ان يشار في اللغة اليونانية الى كل من النبوءة والجنون بنفس الكلمة (maniké) ويذكر ان جنون الشعراء

مثل جنون الانبياء تحركه ربات الشعر ويوقظ جنونهم الملهم نزعتهم الشعرية !

يضاف الى هذا أن انتاجات التفكير الابداعي ـ سواء تمثلت في أعمال فنية تثير الدهشة لما تتميز به في بنائها ومعناها وكمالها واثارتها للانفعال ، أو تمثلت في قوانين أو مبادىء علمية ذات صيغ رياضية ـ هذه الانتاجات الابداعية تبدو مختلفة عن انتاجات الحياة اليومية العادية ، وبالتالي اعتقد كثيرون انها لا بد وان تكون ناتجة عن أنواع من التفكير لدى الفنانين او العلماء يختلف عن تفكير بقية الناس ، وصادرة عن عمليات عقلية تختلف تماما عن العمليات العقلية التي تنتج عنها الاعمال العادية .

على أن امتداد اسلوب التفكير العلمي في العلوم الطبيعية الى علم النفس ، **حمل معه شجاعة النظر بطريقة** علمية الى كل **انواع نشاط العقل الانساني** ، وامكان دراستها **دراسة علمية ، مع** اختيار او ابتكار **الاساليب الملائمة لهذه الدراسة . وكما ان القوانين في المجتمع الديموقراطي تطبق على جميع المواطنين بغض النظر عن مستواهم الاجتماعي او الاقتصادى ، فان قوانين التفكير يمكن ان تنطبق على كل من تفكير المبدعين وتفكير الاشخاص العاديين ، لان تفكير كل منهم لا يختلف عن الاخر الا من حيث درجة خصائص الابداع فيه .**

ب ـ وقد حال دون دراسة التفكير الابداعي **صعوبة اقامة محل عملي للابداع** ، بطريقة تمكن من التنبؤ به وملاحظته . لان الافعال التي لا شك في براعتها نادرة جدا وعارضة حسب ما تقدمه البيئة من فرص من ناحية وحسب الفروق بين الافراد في القدرة على الابداع من ناحية أخرى ، وحسب اختلاف ايقاعات الابداع لدى الفرد الواحد ، التي تجعل اداء نفس الفرد يختلف اختلافا كبيرا من وقت لآخر .

الا ان ملاحظة افعال اقل في درجة براعتها وامتيازها . وملاحظة الفروق بين الافراد في الاداء الابداعي ، والخطوات العامة لعملية الابداع لدى المبدعين في مجالات مختلفة مكنت الباحثين من اقامة محكات موضوعية لدرجة الابداع لدى الافراد ، ومن التنبؤ بالاداء الابداعي قبل حدوثه ، ومعرفة المراحل والظروف التي ينشط فيه التفكير الابداعي وتلك التي يتعثر فيها .

جـ ـ والتركيز على بحوث التعلم ، على الرغم من أهميتها ، كان من أسباب اهمال دراسة مشكلات الابداع . ذلك ان الكثير من بحوث التعلم اجرى على حيوانات دنيا ، حيث لا توجد غالبا ملامات الابداع . وقد واجه أصحاب هذه النظرية صعوبة بالغة في تفسير سلوك الاستبصار (٢) **حيث يحدث ادراك** مفاجىء ومباشر لحل المشكلة مما يشبه في بعض جوانبه السلوك الابداعي .

واذا كان من الصواب ان نقول ان الفعل الابداعي حالة من حالات التعليم ، لانه يمثل تغيرا في السلوك يرجع الى المنبه والاستجابة فان النظرية الشاملة للتعلم كان ينبغي أن تضع في حسابها كلا من الاستبصار والنشاط الابداعي .

ويرجع عجز بحوث التعلم عن دراسة جوانب الابداع الى تأثرها الكبير بالنظرية السلوكية بصورتها الفجة المبكرة ، حيث كان يتركز الاهتمام بتحديد العلاقة بين منبه صريح واستجابة صريحة ، اى باكتشاف ماذا يفعل الكائن الحى عندما ينبه بطريقة معينة .

(٢) insight

وبدلا من ان يرتمى جيلفورد فى احضان اليأس من اى امكانية لدراسة الابداع ــ كما فعل برجسون ــ فانه مع ابرازه جوانب القصور بالمناهج المستخدمة فى بحوث التعليم ــ اقترح تناولا بديلا ، استخدمه فى بحوثه عن الابداع ، هو تناول الابداع من خلال التأكيد على مفهوم السمات (٣) التى هى خصال للأفراد تتصف بالدوام النسبى ويشترك الافراد فى الاتصاف بها ، ولكن بدرجات مختلفة . وعلى الباحث هنا ان يكتشف هذه السمات للابداع من ناحية ، ثم يحدد درجة كل فرد على كل سمة من ناحية اخرى .

د ــ الخلط بين الابداع والذكاء : ومن اهم الأسباب التى عاقت نمو دراسات الابداع توحيد كثير من السيكولوجيين بين مفهومى الابداع والذكاء . ومن هنا كان استخدام اصطلاح « عبقرى » (٤) الذى نشأ اصلا لوصف الشخص المتميز بانتاجه الابداعى لوصف الطفل ذى الذكاء المرتفع جدا ، هذا على الرغم من ان **نوع التفكير الذى تستثيره معظم اختبارات الذكاء تفكير التقائى تقريرى**(٥) تعد فيه نتيجة معينة ، او اجابة بعينها ، هى الاجابة الوحيدة الصحيحة ، وعلى التفكير ان ينصب فى مسار هذه الاجابة وفى اتجاهها (Guilford, J. P., 1957 "b")، وفى كثير من هذه الاختبارات ينبغى على الشخص أن يجيب على منبه له اجابة واحدة صحيحة (مثل : ٢ × ٢ = ٤ ، اذا كان احمد اطول من على ، ومحمد اطول من احمد ، فمن يكون اقصر الثلاثة ؟) وفى مثل هذه الاختبارات لا يكون الشخص مطالبا بالتجديد او التأمل أو الاختراع أو الاتيان بحل طريف ، بل يحتمل ان يصحح الحل ــ اذا كان طريفا ــ على انه خطأ
(Getzels J. W. & Jackson, Ph.W., 1962, p. 14)

اما التفكير الابداعى فهو فى اساسه تفكير افتراقى تغييرى (٦) يتميز ببحث وانطلاق فى اتجاهات متعددة (Guilford, J. P., 1957 "b") اى يتميز بالتعامل بطريقة مبتكرة طريفة مع الرموز اللغوية والرقمية وعلاقات الزمان والمكان . وهذا النوع من التفكير التغييرى هو ما اغفلت عنه اختبارات الذكاء الشائعة ، رغم ان الملاحظة العامة تلح علينا ان نميز بين مجرد المعرفة والاكتشاف ، بين القدرة على التذكر والاسترجاع والقدرةعلى الابتكار أو الاختراع.

ورغم وجود بعض الارتباطات بين ما تقيسه اختبارات الذكاء وبعض القدرات الابداعية ، فان دلائل كثيرة تؤكد الشك فى تغطية اختبارات الذكاء لأنواع الامتياز العقلى التى تمثلها القدرات اللازمة للتفكير الابداعى . وقد دعم هذا الشك أن الدراسات التتبعية التى اجراها **ترمان** L. M. Terman على حوالى الف طفل من ذوى الدرجة المرتفعة جدا فى الذكاء والذين وصلوا الى مرحلة النضج وحققوا تفوقا تعليميا ومهنيا وتوافقا اجتماعيا ــ لم تثبت لديهم من الدلائل ما يشير الى انه سيخرج من بينهم امثال داروين او اديسون او شكسبير او جوته او تولستوى او اوجين او نيل .. ، مع انهم بلغوا مرحلة العمر التى تعد اكثر المراحل خصوبة وابداعا ، اذ كانوا عام ١٩٤٥ قريبين من سن الخامسة والثلاثين .

---

(٣) Traits

(٤) genius

(٥) Convergent Thinking

(٦) Divergent Thinking

وقد اعترف « تيرمان » عام ١٩٥٤ بان عدد العلماء النابغين في مجموعته يماثل ما يتوقع ظهوره من عدد عشوائي من الجمهور العام (Terman, L. M., 1954) واذا كان من المعروف ان **التحصيل المدرسي** يستخدم كمحك لصدق اختبارات الذكاء ، **فمن المنطق الا يتطابق التحصيل مع الابتكار .**

وقد ايدت بحوث **جيلفورد** ومعاونيه وجود قدرات ابداعية مستقلة عن القدرات العقلية التى تقيسها اختبارات الذكاء ، وخاصة بعد ظهور عوامل القدرات الابداعية ـ كالأصالة ، والمرونة التلقائية والتكيفية ، والحساسية للمشكلات والطلاقة ـ مستقلة عن القدرات التى تمثلها اختبارات الذكاء ـ كالفهم والاستدلال (Guilford, J. P. et al, 1957, "a", Kettener, N. et al, 1959)

ولا يعنى هذا عدم اهمية الذكاء للاداء بوجه عام وللأداء الابداعى بوجه خاص ، اذ لا يتوقع الابداع مع انخفاض الذكاء الذى يمكن صاحبه من فهم الرموز والاشياء والمواقف ، وتناولها بطريقة معقولة قبل ان يعيد تشكيلها او تشكيل سلوكه ازاءها بطريقة مبتكرة (Burt, C., 1962) . **فهناك مستوى معينا من الذكاء لا يقل عن المتوسط يلزم للابداع** ، اى انه اذا كان مستوى الذكاء الذى يلزم لاكمال الدراسة باحدى الكليات يلزم ايضا للعمل الابداعى ، فان توافر هذا المستوى من الذكاء لدى شخص معين لا يعنى انه سيصبح مبدعا ، **لأنه ليست العبرة بما نملك من قدرات وانما بما نعمل بهذا الذى نملكه** . وعلى هذا فان الشخص الذى يقوم ذكاؤه اساسا على تمثل عدد من الحقائق المفككة ، او تحصيل ما يلقنه من معلومات ، لا يتوقع ان يكون مبدعا ؛ بينما الشخص الذى يكون لديه قدرة على تمثل عدد اقل من الحقائق ، ولكنه يستطيع استخدامها بطريقة مرنة ومزجها بطرق مبتكرة ، ويكون لديه الدافع لتعلم حقائق جديدة هو الذى يتوقع ان يكون مبدعا (Stein, M.I., 1962)

ومن الامثلة الصارخة على ان مجرد تراكم المعلومات لا يكفى للأداء الابداعى ما حدث « لباستور » عالم الكيمياء والاحياء المجهرية(٧) الفرنسى (١٨٢٢ ـ ١٩١٢) بعد ان تمكن من الحصول على سمعة طيبة كباحث ، عندما دعا الى العمل فى مشكلة متصلة بامراض دودة الحرير ، ولما قام باجراء مقابلة معه ـ فى البداية ـ احد خبراء دودة الحرير ، فوجىء بجهل « باستور » فى هذا المجال وان معلوماته مبدئية . ومع هذا فان باستور ـ وليس الخبراء ـ هو الذى توصل الى حل مفيد . لأن فى مثل هذه الحالات ـ غالبا ـ يحتاج الابتكار الى حد ادنى من المعلومات المتصلة بالموضوع ، مصحوبة بقدر من القدرات العقلية الابداعية ، ومن الخصال الدافعية ، بدونها لا يمكن للعمل ان يكون ابداعيا Taylor, C.W., 1964

ومن هنا تاخرت المعرفة بابعاد الابداع عندما خلط الباحثون بينه وبين الذكاء .

واذا كان قد وضح الآن ان اختبارات الذكاء التقليدية لا تتناول الا جزءا محدودا جدا من الذكاء الانسانى (Guilford, J. P., 1956) فان هناك من المبررات ما يدعو الى الارتفاع عن محاولة التفضيل بين احد اثنين : « ابداع » او « ذكاء » ، سيما وان من الممكن تصور القدرات الابداعية ـ وكذلك القدرات العقلية التى تقيمها اختبارات الذكاء التقليدية ـ على انها تمثل اجزاء فى تنظيم عقلى شامل ، سوف نعرض لابعاده الاساسية كما تصورها جيلفورد ، فى الفقرة القادمة التى ستتناول القدرات الابداعية .

• • •

(٧) Microbiology.

٤ ـ القدرات الابداعية :

ليس الابداع قدرة واحدة بسيطة ، ولا ينبغي أن يخدعنا استخدام اصطلاح واحد للتعبير عن « الابداع » فنتوهم انه يشير الى شيء واحد ، اذ لا يوجد شخصان مبدعان بنفس الطريقة ، فبالاضافة الى الفروق في درجة ما لدى الافراد في كل عامل من عوامل الابداع ـ في المجال الواحد ـ مجالات النشاط ـ توجد فروق كيفية في نوع النشاط الذى تتجلى فيه القدرات الابداعيه .

لذا ، نلاحظ مع « **سيريل برت** » انواعا من العبقرية ـ او الدرجة الفائقة في الابداع ـ تختلف باختلاف المجالات التى يتجلى فيها السلوك الابداعي ، والقدرات اللازمة للابداع في كل من هذه المجالات ، وطبيعة العملية الابداعية والمؤثرات الداخلية والخارجية فيها ، والسمات الشخصية والعوامل الدافعة الى الابداع ، والسياق الاجتماعي الذى يحيط بالانتاج الابداعي .

ولهذا نجد ان ابداع **العبقرية العلمية** لدى نيوتن وفاراداى او ابن الهيثم وجابر بن حيان ، يختلف عن ابداع **العبقرية الفنية** لدى ميخاليل انجلو وبيتهوفن ، بل انه لتختلف طرق التناول الابداعي التى تعالج بها الموضوعات المختلفة في المجال الواحد من النشاط الابداعي، فالخصوبة القصصية ذات اللمحات الاجتماعية لدى « **دكنز** Ch. Dickins » او **نجيب محفوظ** تختلف عن خصوبة كل من « ثاكيري W. M. Thaeray » و « **جورج اليوت** G. Eliot » « **وابو حديد وباكثير** ، التى تتخذ من التاريخ مصدرا اساسيا للأحداث والأبطال . كما ان اصالة « **براونتج** R. Browning » « **او ابي العلاء** في الشعر الفلسفي تختلف عن اصالة شعراء القصور مثل « **تنيسون** A. Tennyson » **وشوقى** ، او « **بلاك** W. Blake » **وعمر الخيام** ، وابداع « **رودان** Rodin » المثال الفرنسي ذي النزعة الواقعية ذات الفعالية يختلف عن ابداع الفنانين التشكيليين السرياليين . بل انه ليلاحظ ان الأعمال الابداعية ـ علمية كانت او فنية ـ التى تصدر عن فرد مبدع في ظروف معينة ، قد تختلف كثيرا ، في جوانب الابداع الأساسية ، عن أعمال اخرى صدرت عن نفس الشخص في ظروف اخرى ، ومثال ذلك ما نلاحظه من اوجه الاختلاف بين **ثلاثية نجيب محفوظ وبين بعض قصصه الأخيرة كالشحات واللص والكلاب** .

وقد اثبتت الدراسات السيكولوجية ـ التى تعتمد على المنهج الاحصائي المسمى بالتحليل العاملي (*) ـ وجود عدد كبير من القدرات التى تسهم في الأداء الابداعي ، مع ملاحظة ان القاعدة ، وليس الاستثناء ، أن يكون لدى الشخص المبدع قدرات ابداعية مرتفعة وقدرات اخرى منخفضة ، أما الشخص الذى تكون قدراته الابداعية جميعها ، تقريبا ، مرتفعة ـ **مثل ليونارد دافنشى ، وابن سينا** ـ انما يمثل استثناء نادرا .

والقدرات الابداعية هى القدرات العقلية التى يلزم توافرها للأشخاص حتى يقوموا بانواع السلوك الابداعي .

ورغم ان عددا من الباحثين ظل ـ وما زال ـ يعتقد ان دراسة الابداع لا تصلح الا بعد ان يكون قد تحقق فعلا ، ووجد تعبيرا عنه في انتاجات محددة ـ كمبان ضخمة او براهين رياضية او اشعار او قصص . . . الخ .

(*) **التحليل العاملي (Factor Analysis) منهج احصائي ، يمكن بواسطته وصف البيانات ، وهي هنا الاختبارات السيكولوجية ، مع ابراز الفئات او المكونات الرئيسية التى تصنف اليها . كما يمكن من خلال ، التحقق من بعض الفروض المتصلة بعلاقة الاختبارات ببعضها ، اوعلاقتها بمكونات سيكولوجية مفترضة ، وقد يثبت التحليل العاملي صحة هذه الفروض او بطلانها .**

الا أنه ابتداء من اعلان جيلفورد عام ١٩٥٠ في خطاب رئاسته لجمعية علم النفس الامريكية عن مشروعه لدراسة القدرات الابداعية دراسة منظمة وشاملة للكشف عن السمات التي تظهر في السلوك الابداعي لدى العلماء عندما يقومون بالاختراع والتصميم والانشاء والتخطيط ، يتزايد عدد السيكولوجيين الذين يرون ان الدراسة العلمية للابداع ينبغي ان تساعد على التنبؤ به قبل حدوثه بالفعل ، بحيث لا تضيع فرصة اكتشاف الاشخاص المبدعين ورعايتهم منذ المراحل المبكرة من حياتهم .

وقد اعتمد هذا الفريق من السيكولوجيين على تصميم اختبارات تمثل عينة من السلوك الابداعي يمكن ان تساعد على اكتشاف هذا السلوك والتنبؤ به . لأنه اذا كانت وفرة الانتاج هي القاعدة ، لا الاستثناء لدى الاشخاص الذين ينتجون بعض الافكار الواضح أصالتها ودقتها ، فان من الأرجح ان من ينتجون بعض هذه الافكار في موقف الاختبار المحدد بزمن قصير - يتراوح بين عشرة وخمس عشرة دقيقة - سينتجون قدرا كبيرا منها في مواقف الحياة القادمة .

وفيما يلي عرض لأهم القدرات الابداعية التي امكن لجيلفورد ومعاونيه اكتشافها بالاستعانة بمنهج التحليل العاملي :

وتتوزع هذه القدرات على ثلاثة مظاهر اساسية للنشاط العقلي الابداعي :

ا - مظهر استقبالي : استقبال المنبهات المحيطة التي يتلقاها الفرد من حواسه وخبراته.

وهنا نجد القدرة على **الحساسية للمشكلات**.

ب - مظهر انتاجي : يتجلى في انتاجات ابداعية لها خصائص معينة . وهنا نجد القدرات الثلاثة ، **الطلاقة** ، **والمرونة** ، **والاصالة** .

ج - مظهر نقدي او تقويمي : يتجلى في نظر الفرد فيما يتم انتاجه - سواء كان هو المنتج او غيره - واعطاؤه قيمة معينة ، بناء على محكات في ذهن الشخص المبدع .

وهذه المظاهر لا تمثل مراحل متعاقبة اذ انها تتفاعل وتتداخل خلال عملية الابداع . فمثلا الحساسية للمشكلات قد تكون بداية لانتاج ابداعي ، كما ان لها اهميتها في تقويم الشخص المبدع لانتاجه الابداعي .

والآن نتناول بقدر من التفصيل - القدرات التي تساعد على الابداع في مختلف المجالات ، والتي تتوفر لدى معظم الناس بدرجات متفاوتة :

١ - الحساسية للمشكلات (٨) :

تبدو هذه القدرة في كل مظاهر السلوك التي تصدر من الفرد وتنبيء بأنه يشعر بأن الموقف الذي يواجهه ينطوي على مشكلة او عدد معين من المشكلات يحتاج الى حل ، او ان هذا الموقف ليس موقفا مستقرا بل يحتاج الى احداث تغيير فيه لأنه يشتمل على مشكلة تحتاج الى حل . وهذه المشكلات تاخذ اشكالا مختلفة في المواقف المختلفة : فقد تاخذ طابع الذوق الفني التشكيلي : قد ادخل حجرة فادرك فورا انها تنطوي على مشكلة من ناحية التلوين اذ أن لون الجدران غير مناسب للون السقف أو للون الاثاث وبالتالي اشعر بالحاجة الى احداث تغيير في هذه العلاقة اللونية . وقد ادخل معرضا فأجد صورتين متقاربتين فاشعر بأن العلاقة بينهما كانت تقتضي أن تكون كل منهما على مبعدة من الاخرى وليس على مقربة منها ، وهنا يثير لدى الاحساس بالمشكلة دافعا الى التغيير .

وقد تتمثل المشكلة في نوع من التعبير الأدبي او الشعري او التصويري او الانفعالي ، او

(٨) Sensitivity to Problems

الصياغة العلمية لاحدى قضايا العلم ، او احدى القضايا المنطقية ، او بعض المواقف الاجتماعية التى تدرك على انها تتضمن مشكلة من المشكلات ، وهذا الادراك نفسه يثير دافعا الى التغيير او التعديل .

ويختلف الناس فى حساسيتهم للمشكلات . ولا يهتم السيكولوجيون اساسا ـ عند قياس هذه السمة ـ بكيف تحدث الفروق بين الافراد فى الحساسية للمشكلات ، كما لا يعنون بمناقشة ان كانت هذه الصفة قدرة عقلية ام سمة مزاجية وانما يعنيهم اساسا انه فى موقف معين يرى شخص معين ان هناك عدة مشكلات ، بينما الاخرون من حوله قد يرون هذا الموقف واضحا لايدعو الى التساؤل ولا يثير اشكالا ، وفى هذا يكمن الفرق بين العالم الذى يرى الموقف ممتلئا بمشكلات علمية ، ومساعد المعمل الذى لا يرى اية مشكلات ، وبين الاديب الذى يمر على موقف او مشهد او نظام او قاعدة بين القواعد الاجتماعية او الادارية اثير لديه احساسا بعدة مشكلات تحتاج الى حلول كما يثير لديه عدة زوايا لتغيير الموقف ، بينما آخرون يشاهدون نفس هذا الموقف ويتعاملون مع هذه القاعدة الاجتماعية او الادارية ولا تثير لديهم اى احساس بوجود مشكلة .

ومن هنا نرى ان الحساسية للمشكلات تظهر غالبا فى شكل وعى بالنقائص او العيوب فى الاشياء او المواقف ، مما يؤدى الى الاحساس بالحاجة الى التغيير او الى حيل جديدة .

وقد اوضحت الدراسات السيكولوجية الحديثة وجود عامل للحساسية للمشكلات يتصل برؤية المشكلات المباشرة القريبة ، وعامل آخر يطلق عليه اسم « عامل النفاذ(٩) » ويتصل بالقدرة على ادراك ما وراء المشكلات الواضحة من نتائج بعيدة .

والواقع ان القدرة على الحساسية للمشكلات من اهم قدرات الذكاء الابداعى اذ لا سبيل الى اى انتاج ابداعى بدون الاحساس بمشكلات تؤرق صاحبها فى مجال ابداعه ، مما يدفعه الى تجاوز هذه المشكلات بانتاجات ابداعية .

وتشير الدراسات الحديثة الى وجود علاقة بين القدرة على الحساسية للمشكلات وبين السمة المزاجية التى يطلق عليها « تحمل الغموض (١٠) » . اى تحمل الشخص للتوتر الناتج عن محاولة تفهم موقف لم يسبق له معرفته دون محاولة الهروب منه ودون التسرع بفهمه بنفس طريقة فهمه للمواقف المعروفة له من قبل ، دون محاولة التعرف على خصائصه النوعية .

٢ ـ الطلاقة (١١) :

هناك شواهد عديدة من تاريخ المبدعين تدل على ان المبدعين يكون لديهم غالبا فيض من الافكار والمقترحات ، لان الشخص الذى ينتج عددا كبيرا من الافكار خلال وحدة زمنية معينة يكون لديه غالبا ـ فى حالة تساوى الظروف الاخرى ـ فرصة اكبر لكى ينتج عددا كبيرا نسبيا من الافكار الجيدة . لذا فمن المرجح ان يتميز الشخص المبدع بالطلاقة فى التفكير اى بانتاج عدد كبير من الافكار او التصورات فى وحدة زمنية محددة .

---

(٩) Penetration

(١٠) Intolerance of Ambiguity

(١١) Fluency

وقد تبين من الدراسات التي اجريت على « الطلاقة » وجود اربعة عوامل للطلاقة :

ا ــ طلاقة الكلمات (١٢) : في اللغة المنطوقة **او وحدات التعبير كاللقطات في لغة التصوير .**

اى سرعة انتاج كلمات (او وحدات للتعبير) وفقا لشروط معينة في بنائها او تركيبها .

ب ــ طلاقة التداعى (١٣) : اى سرعة انتاج كلماتاو صور ذاتخصائص محددفى المعنى.

جـ ــ طلاقة الافكار (١٤) : اى سرعة ايراد عدد كبير من الافكار او الصور الفكرية في احد **المواقف** ، ولا يهتم هنا بنوع الاستجابة وجودتها وانما يهتم فقط بعدد الاستجابات .

د ــ الطلاقة التعبيرية (١٥) :

وهي القدرة **على التعبير** من الافكار وسهولة صياغتها في كلمات او صور للتعبير عن هذه الافكار بطريقة تكون فيها متصلة بغيرها وملائمة لها .

وهنا ينبغي أن تشير الى ان تميز عامل الطلاقة التعبيرية عن طلاقة الافكار انما يدل على أن **القدرة على ايجاد** افكار تختلف عن القدرة على **صياغة** هذه الافكار والتعبير عنها في كلمات او صور مختلفة باكثر من طريقة .

٣ ــ المرونة في التفكير (١٦) :

وتتمثل في العمليات العقلية التي من شانها ان تميز بين الشخص الذى لديه القدرة على تغيير زاوية تفكيره عن الشخص الذى يجمد تفكيره في اتجاه معين .

وقد أوضحت البحوثالسيكولوجية وجود نوعين من المرونة في التفكير :

ا ــ المرونة التكيفية (١٧) :

وهى تلك التي تتصل بتغيير الشخص لوجهته الذهنية (١٨) ، لمواجهة مستلزمات جديدة تفرضها المشكلات المتغيرة ، مما يتطلب قدرة على اعادة بناء المشكلات وحلها خاصة في مجال الحروف والارقام والاشكال . وكلنا شعر باهمية هذا النوع من المرونة التكيفية عندما كان عليه أن يقوم بحل أحد تمرينات الهندسة ليبدأ بعض خطوات الحل لم يتوقف تماما الى حين تغير زاوية تفكيره او زاوية نظره للمسالة وعندئذ فقط ــ عندما يدرك مثلا اهميةاقامة عمود بزاوية معينة ــ يتوصل الى الحل .

وقد تتبدى المرونة التكيفية في كثير من مواقف الحياة العملية حيث تواجه الشخص مشكلات عملية مثل الوصول الى سقف حجرة دون وجود سلم او كرسى عن طريق الاستناد على كتف (او يد) شخص آخر . . . الخ .

(١٢) Word fluency
(١٣) Associational fluency
(١٤) Ideational fluency
(١٥) Expressional fluency
(١٦) Flexibility in Thinking
(١٧) Adaptive flexibility
(١٨) Mental set.

ب ـ المرونة التلقائية (١٩) :

وتتمثل في حرية تغيير الوجهة الذهنية ، حرية غير موجهة نحو حل معين ، فيما يتصل بمشكلة محددة تحديدا ضيقا . وتتطلب الدرجة الجيدة على هذه السمة تغيير الشخص لمجرى تفكيره وتوجيهه نحو اتجاهات جديدة بسرعة وسهولة ، بسبب واضح له أو غير واضح .

فالمرونة التلقائية اذن عبارة عن : قدرة عقلية (ويرجع احيانا انها استعداد مزاجي) لانتاج افكار مختلفة ، مع التحرر من القيود ومن القصور الذاتي في التفكير الذي يمنع تغيير اتجاه التفكير .

نفرض مثلا انني طلبت من شخصين ان يذكر كل منهما أكبر عدد من الاسماء ، قد يذكر الشخص « أ » عشرة اسماء مثل : حائط ، عمود ، بيت ، حجرة ... الخ ، كلها اسماء لاشياء ، بينما يذكر الشخص « ب » اسماء مثل : حائط ، عمود ، لم ولد ، لم قط ، لم عفة ، جمال ، مهارة . هنا نستطيع ان نقول أن الشخص « ب » لديه قدر اعلى من المرونة التلقائية لان الاتجاه العقلي لديه تغير في ثلاث زوايا : جماد ، كائنات حية ، لم اسماء معنوية ، بينما الشخص « أ » ظل اتجاهه العقلي واحدا فلم يذكر الا اسماء نوع واحد هو المباني .

٤ ـ الاصالة (٢٠) :

ويعد الكثيرون الاصالة مرادفة للابداع نفسه . ويقصد بهذه القدرة تلك المظاهر التي تبدو في سلوك الفرد عندما يبتكر بالفعل انتاجا جديدا . **فالاصالة تعني الجدة او الطرافة** ، ولكن هناك شرطا آخر لا بد من توفره الى جانب الجدة لكي يكون الانتاج اصيلا ، هو أن يكون مناسبا للهدف او للوظيفة التي سيؤديها العمل المبتكر . فالسلوك الجديد والمناسب او الذي يؤدي الى الهدف المنشود « بمهارة » يعد بحق سلوكا ابداعيا اصيلا . والجدة وحدها لا يمكن أن تدل على الابداع لأن السلوك قد يتخذ شكل العمل الابداعي بطريقة كاذبة لانخفاض درجة توافقه مع الموقف . ويتبدى هذا بوضوح في سلوك بعض المرضى العقليين الذين قد يصدر عنهم سلوك جديد في شكله ولكن غير مناسب للهدف ، ولا يخدم عملية التوافق ولا يتجه مع غيره من مظاهر السلوك الصادرة عن الشخص الى خدمة الهدف المحدد .

وقد اعتقد البعض انه لا توجد جدة او اصالة في فكرة معينة الا عندما تكون هذه الفكرة جديدة تماما . اى ان احدا لم يفكر فيها قبل صاحبها ، ومن ناحية اخرى اعتقد البعض الآخر ان كل شيء يفعله الفرد يكون جديدا بما في ذلك ادراكاته المختلفة للعالم من حوله ، اي ان كل شيء يفعله الفرد يكون بالنسبة اليه فقط غريبا **بطريقة ما** ، **وبالتالي** اصيلا وجديدا ، الا ان الاتجاه السائد الآن في الدراسات السيكولوجية للقدرات الابداعية **هو ان هاتين الوجهتين من النظر متطرفتان** . فلا يمكن تقبل الاتجاه الاول ، اذ انه فضلا عن صعوبة فحص افكار كل الناس حتى لحظة صدور الفكرة الاصيلة عن شخص معين ، فان صدور فكرة اصيلة عن احد العلماء او الفنانين بعد صدورها عن غيره بلحظات او ايام او اسابيع او شهور قليلة ـ دون ان تكون بينهما صلة ـ لا يعني انها ليست فكرة اصيلة لهذا يكتفي الآن في تقدير الاصالة بكون الفكرة « **نادرة** » او غير شائعة الى جانب كونها ماهرة . كما انه لا يمكن تقبل الاتجاه الثاني ، لانه من

(١٩) Spontaneous flexibility

(٢٠) Originality

غير الممكن تصور الجدة والطرافة صفة للافعال التى تتكرر من الشخص نفسه ، مما لا يقتصر على الشعر والاعمال الادبية والعلمية ، بل يدخل فى هذا الاحلام والهلوسات والادراكات خلال مواقف الحياة ، لان هذه النظرة لا تمدنا بأساس للتمييز بين الاشخاص الاكثر ابداعا والاقل ابداعا .

لهذا فقد رؤى أنه من الاجدر النظر الى الاصالة كغيرها من السمات السيكولوجية للافراد ـ على انها سمة تمتد على بُعد متصل ومتدرج ، وهذا التصور يسمح بالمقارنة الخصبة بين الافراد بعضهم ببعض ، وبين انواع السلوك المختلفة من حيث درجة ما **يتبدى فيها من الاصالة .**

٥ ـ القدرة على التقويم (٢١) :

القدرة على التقويم عبارة عن وعى باتفاق شىء معين أو موقف معين او نتيجة معينة او انتاج ابداعى معين مع معيار او محك للملاءمة أو الجودة .

وقد يكون التقويم **منطقيا** يعتمد على ادراك العلاقات المنطقية بين مواد لفظية تصورية .

كما قد يكون **تصوريا ادراكيا** يتصل بمواد ادراكية ، كما قد يتصل بالخبرة فى المواقف الاجتماعية .

والقدرة على التقويم تفترض ان النشاط الابداعى المبتكر تم فعلا ثم يتجه اليه الشخص المبدع فيعيد النظر فيه ـ سواء كان هو منتجه او انتجه شخص آخر .

وجزء هام من نشاط الخلق والابداع لدى كل من الفنان والعالم يتمثل فى اعادة النظر فيما ابدعاه .

فالنشاط الابداعى اثناء عملية الخلق فى تقدم ثم اعادة نظر للتقويم . والمفروض ان تتوفر القدرة على التقويم بدرجة مرتفعة لدى النقاد حتى ينفذوا الى جوانب القوة والضعف فى الاعمال الابداعية وحتى يستطيعوا ابرازها بوضوح .

اما عن موقع هذه القدرات بين جميع القدرات العقلية الاخرى ، فهذا ما حاول جيلفورد أن يوضحه من خلال « النموذج النظرى لبناء العقل » .

النموذج النظرى لبناء العقل :

حاول جيلفورد ـ عام ١٩٥٩ ـ على اساس العناصر المشتركة بين ما تم له اكتشافه من عوامل القدرات الابداعية التى بلغت حتى ذلك الوقت ٥٣ عاملا ، ووصلت عام ١٩٥٦ الى ما يقرب من ٦٠ عاملا ـ وعلى اساس ما يتوقع من عوامل عقلية اخرى أن يتصور بناء نظريا شاملا للعقل يتمثله شكل مكعب ، كما هو موضح بالشكل السابق ، يستوعب جميع القدرات العقلية . وذلك اعتمادا على ثلاثة اسس هى : ـ

(١) تصنيف عوامل القدرات العقلية افقيا على اساس العمليات العقلية التي تتم :

ويمكن تقسيم هذه العمليات العقلية الى خمس مجموعات من القدرات العقلية هى :

١ ـ **القدرات المعرفية** او الاكتشافية التى تتصل بقدرة الشخص على فهم القدرات وتحصيل معلومات جديدة او التعرف على معلومات قديمة والبحث عن علاقات واستنتاج فروض مما يعرض عليه من تنبيهات .

٢ ـ **قدرات التذكر** : فى الانتاجات والمضمونات المختلفة .

---

(٢١) Evaluation

٣ ـ القدرات التقريرية : حيث الميل الى تقرير حل واحد صحيح او استجابة واحدة، على التفكير أن يوجه في مسارها واتجاهها .

٤ ـ القدرات التغييرية : حيث يتجه التفكير اتجاهات مختلفة ، ويتميز بانه اقل تقييدا في تحديد هدفه ، كما يتميز بحرية توجه التفكير الى عدة اتجاهات ، وقد تكون هذه الحرية كاملة حيث لا يكون هناك هدف محدد، او يكون هناك هدف معين لكنه واسع يمكن بلوغه عن طريق عدد متنوع من الاجابات . ومن الخصائص الاساسية للتفكير التغييري رفض الحلول القديمة والعثور على اتجاهات جديدة للتفكير من شانها ترجيح نجاح التركيب الخصب ذي البناء الثري . وهذا النوع من القدرات هو الذي يمثل بحق القدرات الابداعية .

٥ ـ القدرات التقويمية : وهي التي يكون لها تاثيرها في تقرير جودة الانتاج وملاءمته واهميته ونوعه . ورغم ان معظم الباحثين يرون ان للقدرات التقويمية اهمية خاصة في المراحل الاخيرة لحل المشكلات ، فان من اهم خصائص نموذج « بناء العقل » ـ الذي يقدمه جيلفورد « اعتماد » كل العمليات على **التقويم** اعتمادا شاملا ، اذ ان عملية التقويم تساعد على انتقاء المعلومات في المراحل الاولى، كما تساعد على رفض المعلومات او قبولها في عمليات المعرفة والانتاج .

(ب) تصنيف العوامل حسب نوع المادة او المضمون الذى تجرى عليه العمليات العقلية الى اربعة انواع هى :

١ ـ المضمون الشكلي (٢٢) : الذى لا يحيل الى ما لا يتجاوز نطاقه ، ونحن ندركه ـ كصور ـ بحواسنا، ومن امثلة المواد الشكلية : الحجم ، الهيئة ، واللون ، والموقع ، والنسيج ، وما نسمعه ، وما نشعر به من اشياء .

٢ ـ مضمون رمزى (٢٣) : ويشمل الحروف والمقاطع والكلمات ، والارقام والرموز التقليدية الاخرى . وتشير « الرموز » عادة الى شيء آخر ، وتنتمى الى نسق عام مثل « حروف الهجاء » او « نسق الاعداد » ، وان كان من الممكن أن تتضمن رموزا شكلية او تصورية عندما يضمها نوع معين من الانساق .

٣ ـ المضمون المتصل بالمعنى (٢٤) : يعالج المعاني . وكان جيلفورد من قبل يستخدم اصطلاحا تصوريا (٢٥) الا انه ادى الى نوع من الغموض ، اذ قد تكون لدينا تصورات تشتمل على مادة شكلية ، كما في حالة الفنان الذى يقول ان لديه تصورا لما يريد ان يرسمه ، كذلك قد تكون لدينا تصورات تشتمل على مادة رمزية ، كما في حالة الرياضي الذي يتصور احدى المعادلات .

٤ ـ المضمون السلوكي (٢٦) : اى ادراك الاستعدادات النفسية لدى الآخرين ولدى

(٢٢) Figural.

(٢٣) Symbolic

(٢٤) Semantics

(٢٥) Conceptual

(٢٦) Behavioral

انفسنا ، والاستدلال من ظواهر السلوك عما وراءها ، مما يمثل معلومات على كل منا ان يتعامل معها . وتتفاوت قدرات الافراد على ادراك مشاعر الآخرين او على الادراك الاجتماعي او ما يطلق عليه الذكاء الاجتماعي.

(جـ) تصنيف عوامل القدرات العقلية على اساس « الانتاجات » :

وكل نوع من العمليات يمكن ان تصدر عنه ستة انواع من الانتاجات اي ان الانتاج قد يكون :

١ ــ **وحدة** (٢٧) للمعلومات ، وهي عبارة من جزء معزول او محدود من المعلومات له طابع « الشيء » .

٢ ــ **فئة** (٢٨) ، وهي عبارة عن وحدات للمعلومات تجمعها بعض الخاصيات تنطبق على كل وحدة من هذه الوحدات .

٣ ــ **علاقة** (٢٩) ، اي صلة بين وحدات للمعلومات ، تعتمد على متغيرات تنطبق على كل وحدة من هذه الوحدات .

٤ ــ **نسق** (٣٠) ، اي مركب منظم ، او بناء مكون من وحدات من المعلومات اجزاؤه متفاعلة مترابطة .

٥ ــ **تحوير** او اعادة تحديد (٣١) ، اي نوع من التغير للمعلومات الموجودة او المعروفة ، او اعادة تأويلها .

٦ ــ **تضمين** (٣٢) ، اي نوع من تجاوز الاستقطاب (٣٣) والتعارض في المعلومات ، وقد يشمل هذا في مجال المعرفة توقع البوادر ومعرفة المقدمات (٣٤) والاستنتاجات (٣٥) .

وبهذا نستطيع ان ندرك ان كل خلية من خلايا نموذج « **بناء العقل** » تمثل نوعا معينا من القدرات ، لها ثلاثة ابعاد ، اي يمكن وصفها بنوع من **العمليات** ، ونوع من **المضمون** ، ونوع من **الانتاج** . ويتضمن هذا النموذج ١٢٠ خلية ، ولهذا فهو يتنبأ بوجود ١٢٠ قدرة عقلية على الاقل ، على ان وجود خلية في مجال « المعرفة » ــ هي خلية معرفة الوحدات الشكلية ــ تشتمل على ثلاثة انواع من القدرات : « بصرية » ، و « سمعية » ومتصلة بمعرفة حركات الجسم (٣٦) (*) ، وكذلك وجود خلية في مجال « الذاكرة » تتضمن نوعين من العوامل الشكلية ، قد اوحى لجيلفورد ان يتوقع وجود اكثر من قدرة

(٢٧)	Unit
(٢٨)	Class
(٢٩)	Relation
(٣٠)	System
(٣١)	Transformation
(٣٢)	Implication
(٣٣)	Extrapolarization
(٣٤)	Antecedents
(٣٥)	Conclusion
(٣٦)	Kinesthetic

(*) يطلق اصطلاح (Kinesthetic) على الاحساسات التي تؤدي الى معرفة حركات الجسم او اعضائه ، من خلال العضلات او الاربطة او المفاصل او الاذن الباطنية .

فى الخلية الواحدة ــ على الأقل فى كل عمود « شكلى » كما أوحى له بإمكان وجود بُعد رابع يتصل باختلاف طريقة الادراك (٣٧) فيما يتصل بالمضمون الشكلى (Guilford, J. P. 1959. "b")

وأهم مميزات « النموذج النظرى لبناء العقل » الذى يقدمه جيلفورد ما يأتى :

١ ــ استيعاب جميع القدرات العقلية الأولية المعروفة فى نسق واحد شامل ، على أساس العلاقات القائمة بينها سواء من حيث « مضمونها » ، أو نوع « الانتاجات » التى تمثلها أو طبيعة « العمليات » التى تجرى على هذه المضمونات والانتاجات .

٢ ــ امكان استخدام هذا النموذج فى التنبؤ بعوامل جديدة لم تكتشف بعد ــ كما كان يستخدم جدول « منديليف » لاكتشاف العناصر فى علم الكيمياء ــ أى استخدامه كمصدر للفروض التى تساعد على كشف عوامل الذكاء الانسانى ــ بالمعنى الواسع ــ وعلى عزل هذه العوامل (Hoepfner, R., et al, 1964)

٣ ــ يقدم هذا النموذج تعريفا « عامليا » للقدرات العقلية للذكاء الانسانى ، يتخلص من التعريف الاجرائى الدائرى ــ الذى يقرر تحصيل الحاصل ــ الذى قدمه « بورنج Boring » عام ١٩٢٣ ، والذى يذكر فيه أن الذكاء هو ما تقيسه اختبارات الذكاء !

٤ ــ كما أن التحقق من بعض عوامل هذا النموذج ، يمكن فيما بعد من استخدامها كأدوات فى بحوث جديدة تتضمن السمات أو القدرات المكتشفة . لأن ما يكتشف اليوم من عوامل جديدة ، وكذلك الاختبارات التى تقيس هذه العوامل ، يصبح فى الغد مفاهيم مرجعية تستخدم فى التطبيق السيكولوجى ، مما يكون له أثره فى تمحيص الاختبارات وصقلها ، وهذا يمكن من استخدامها فى كل من الانتقاء والتنبؤ (المهنى والتربوى) كما يمكن استخدامها اكلينيكيا ، وهو ما يطمح اليه كل علم من تطبيق نتائجه (المرجع السابق) .

التفكير الابداعى والنموذج النظرى لبناء العقل :

التفكير الابداعى ابتكار ، والابتكار صورة من صور الانتاج . ويكاد يسود الاتفاق على أننا فى الابتكار نبعد عن الاجابات المألوفة ، وبالتالى لا تكون النتائج محددة تحديدا لا تخرج عنه ، مما يشير الى فئة « الانتاج التغييرى » التى تتضمن عوامل : **الطلاقة ، والمرونة ، والأصالة** (التى ينظر اليها كنوع من المرونة) ، **والتفصيل** .

ولما كانت كل أنواع الانتاجات (الست) ، والموضوعات (الأربعة) تدخل فى هذه الفئة ، فاننا نستطيع أن نجعل التفكير الابداعى معادلا للانتاج التغييرى .

على أنه قد تبين حديثا أهمية قدرات « التعديل » أو اعادة التحديد ، بالنسبة للتفكير الابداعى . ورغم أنها صيغت فى « بناء العقل » على أنها من التفكير التقريرى . فانها تمثل تغييرات أو تعديلات فى التفكير ، واعادة تأويلات وتحرر من « التثبيت الوظيفى (٣٨) » فى اشتقاق الحلول الفريدة ، لهذا يتوقع أن تسهم فئة « التحوير » فى التفكير الابداعى .

ثم أن التفكير الابداعى ــ بالمعنى الواسع ــ يمكن أن يشمل قدرات أخرى غير قدرات « الانتاج التغييرى » ، و « التعديل » أو اعادة التحديد . « فعامل » الحساسية للمشكلات » الذى افترض أنه ذو أهمية للتفكير الابداعى ، وثبت وجوده ، يتوقع ارتباطه بالتفكير الابداعى

(٣٧) Sense modality

(٣٨) Functional Fixidness

مع ان مكانه في نموذج « بناء العقل » ليس في احدى الفئتين السابقتين من القدرات ، اذ يبدو انه ينتمي في « النموذج » الى فئة القدرات التقويمية وانتاجها . بينما يبدو الآن على انه « تضمين » بأن هذه الأشياء مرضية أو غير مرضية . لذا يمكن تفسير هذا العامل ـ بنفس طريقة تفسير التعديلات ـ على أساس التحرر من التثبيت الوظيفي .

وهكذا ، فرغم امكان تعرف التفكير الابداعي ، كمفهوم سيكولوجي ، من طريق عوامل الانتاج التغييري ، وبعض العمليات الأخرى التي تنتج عنها تغييرات أو تعديلات ، فان عمليات الابتكار ـ في الحياة اليومية ـ قد تتضمن قدرات اخرى بطريقة غير مباشرة تختلف باختلاف الظروف .

وعلى هذا لا يمكن حصر التفكير الابداعي ـ بصفة نهائية ـ في جزء معين من اجزاء « نموذج بناء العقل » رغم الأهمية النسبية للقدرات التغييرية لهذا النوع من التفكير . (Guilford, J. P. and Merrifield, P.R., 1960)

عرضنا في هذه الفقرة للقدرات الابداعية ، الا انه اذا كانت القدرة الابداعية تعني امكانية الابداع ، فان كون الشخص الذي لديه قدرة مرتفعة على الابداع ينتج فعلا اعمالا ابداعية انما يعتمد على عدد من الظروف من اهمها دوافعه الخاصة وسماته المزاجية التي تساعد ، مع عوامل اخرى ـ كالبيئة النفسية الاجتماعية ـ على ظهور هذه القدرات او يؤدي الى طمس معالمها . وهذا هو موضوع الفقرة التالية من المقال .

●●●

٥ ـ السياق الاجتماعي الثقافي للابداع (٣٩) :

لما كان الفرد لا يعيش في فراغ اجتماعي ، فان العمل الابداعي ، وان كان يصدر عن افراد مبدعين ذوي خصائص معينة ، يتأثر بتفاعلات الاشخاص المبدعين مع الآخرين وعلاقاتهم بهم ، كما تتأثر بالسياق الاجتماعي العام الذي يوجد فيه هؤلاء الاشخاص .

ويتكون السياق الاجتماعي من الجماعات الاساسية والفرعية التي ينتمي اليها الفرد والتي يتضمن كل منها نظاما من العقائد والقيم ، الصريحة أو غير الصريحة ، والتي تستجيب لحاجاته المتنوعة ، ويكون له في كل منها مركز (٤٠) معين ، ودور محدد (٤١) .

وقد يساعد السياق الاجتماعي على ظهور الابتكار او الابداع ويشجعه ويعمل على ابقائه ، كما قد يؤخر ظهوره ويمنع استمراره ، ولا يشجع الا على الاتباعية والتقليد .

ونستطيع ان نقسم عناصر السياق الاجتماعي ، التي تؤثر في الابداع ـ على أساس « كثافة » تأثيرها على الفرد المبدع ـ الى نوعين يقعان على خط متصل يمثل كل منهما احد طرفيه :

ا ـ **نوع اولي او خاص** : يتصل بالقوى الاجتماعية التي لها تأثير مباشر على الافراد المبدعين ، سواء من ناحية تنشئتهم وتربيتهم ، او من ناحية تقبل نشاطهم الابداعي ورعايته .

ب ـ **نوع ثانوي او عام** : يتصل بالقوى الحضارية التي تكون الاطار الاجتماعي والثقافي والسياسي العام بالمجتمع والتي من شأنها ان

---

(٣٩) Socio-Cultural Contex of Creativity

(٤٠) Status

(٤١) role

يسر الابداع أو تؤخره ، تساعد على تقبل المبدعين أو مقاومتهم *.

ونحاول فيما يلى القاء الضوء على دور كل نوع من نوعي السياق الاجتماعى فى علاقته بالابداع :

العناصر الأولية للسياق الاجتماعى :

من أهم العناصر الاولية للسياق الاجتماعى :

١ ــ اساليب تربية الطفل فى الأسرة :

ان الشخص الذى يصبح مبدعا فى رشده ، لا يتصل بالبيئة الاجتماعية الكبيرة الا بعد أن يعيش فترة طويلة فى بيئة خاصة محدودة ، هى الاسرة ، يتلقى فيها من الخبرات ما يعده للاستجابة بطريقة معينة ــ ايجابية او سلبية ــ للخبرات القادمة فى حياته .

فالطفل فى الاسرة ، مثلا ، يدرب على تنظيم بعض الوظائف الحيوية، ويصحب هذا التدريب جو انفعالى خاص ، من الحب والتقبل او التهديد بفقدان الحب او تقدانه فعلا . ويتعلم الطفل من هذه الخبرات أنه « ممتاز » يستطيع السيطرة على وظائفه ، أو يشعر أنه « سيىء » لا يستطيع انجاز هذه السيطرة . وفى هذه الاثناء ينشأ على الثقة بنفسه وبالاخرين،وعلى الشعور بانه يعد لانجاز الخبرات الجديدة ، او ينشأ على عكس ذلك .

كما أن الآباء قد يعوّدون الطفل على تلقى الحلول الجاهزة لكل ما يواجهه من مشكلات ، ولا يشجعه على البحث عن الخبرات الجديدة او يعوّدونه على عكس ذلك . اى ان من شأن معاملة الاباء أن تؤثر على قدرات الطفل الابتكارية فتنميها او تجعلها تضمن . ذلك أنه من المسلمات العامة لعلم النفس الدينامى ، ان عدم تعادل (٤٢) مستويات القدرات لدى الفرد ، ينتج عما لديه من أسس دافعية ، كما ينتج عن الخبرات التى يمر بها فى حياته . وقد أجاد التعبير عن هذه الوجهة من النظر « **مايمان ، وشافر ، ورپاپورت** » فى معرض مناقشتهم للاسس النظرية للفروق بين قدرات الفرد (٤٣)، حيث يذكرون ان القوى الدافعة العميقة لدى الشخص ، كالحوافز والمخاوف والتوقعات التى تتشابك مع هذه الحوافز ، تتعرض لانواع من الضغوط الضابطة أو الكابتة . وان انماط الضبط المستخدم لدى الفرد تشكل الخطوط اللاحقة لنموه ، كما تبلور « الانا » لديه ، وبالتالى فان لها اثرها على الطرق الاساسية للتوافق والضبط التى تبدأ فى مرحلة مبكرة جدا بممارسة اثر انتقائى على الادراكات والانشطة والاستجابات والحاجات واتجاهات النمو السيكولوجى للفرد .. فمثلا ، قد يكون نمط الضبط عبارة عن اتجاه عام لرفض اى موقف يحتمل ان يكون خطرا وتجنبه ، الى حد ان هذه المواقف قد تثير لدى الشخص اندفاعات (٤٤) غير مقبولة او ذكريات اليمة ، ويبدو ان الشخص الذى يتبع هذا النمط للضبط يتبع اسلوب : لا تسمع شرا ، ولا تر شرا ، ولا تقل شرا . وهذا النوع من الضبط قد يعيق الفضول او اللعب الحر النشيط

(*) يفرق « موريس شتاين M. Stein » فى مذكرته غير المنشورة عن « الابداع والسياق الثقافى والاجتماعى Cultural Contex of Creativity بين : قوى اجتماعية وثقافية ، تؤثر فى الابداع كمصادر للافكار ، كما يكون لها اثرها فى تصوير هذه الافكار ، وقوى اجتماعية وثقافية اخرى تؤثر فى بناء العمل الابداعي الا اننا لا يمكننا الاخذ بهذه التفرقة حيث يرجع عدم وجود نوعين » من العوامل او القوى تؤثر فى الابداع ، بقدر استمرار تأثير بعض القوى ــ على مر الوقت ــ فى بزوغ التفكير الابداعى ثم فى تطوره واستمراره .

(٤٢) Uneveness.

(٤٣) " intra - individual difference in abilities "

(٤٤) impulses

والاستكشاف الفعال لطرق جديدة لتحقيق الذات ، اعاقة بالغة ، بينما قد تزداد وظائف اخرى مثل تعلم الطريقة « المناسبة » للسلوك وفي هذه الحالة نتوقع ان تنعكس آثار واسعة المدى لهذا النمو الانتقائي على تفاوت مستوى تحصيل القدرات والوظائف المختلفة . اما في حالة اختلاف نمط الضوابط فانه يتوقع ان تختلف بالتالي انماط المهارات والقدرات والوظائف .

وبناء على هذا يفترض انه يوجد في النمو العقلي السوي تعادل (٤٥) بين مستويات القدرات في اتجاهات مختلفة . وانه عندما يحدث اختلال للتوافق الوجداني تؤثر ظروف تتصل بالدافع او الميل في نمو القدرات في اتجاهات معينة ، مما يخل باستواء القدرات او تعادلها .

وتتقدم نظرية التعلم باساس اعم وادق ، من الناحية المنطقية ، للآثار التكوينية (٤٦) للدافع على نمو الاستعدادات او القدرات . فهي ترجع المسألة الى وجود مكافآت في التعليم، او عدم وجود مكافآت على اداء مختلف انواع الاعمال .

وقد افترض « جبهارد » ان جاذبية الاعمال تزداد عندما ينجح فيها الفرد ، سواء توقع أن ينجح فيها او لم يتوقع . وان هذه الجاذبية تقل عندما يتوقع الفرد النجاح ثم يفشل وقد توقع « جبهارد » ان تعمم الآثار ، من حيث زيادة الجاذبية او قلتها ، على الاعمال المشابهة، او بعبارة اخرى على فئات الاعمال المشابهة ، وان تكرار مثل هذه الخبرات من شأنه ان يساعد على تقوية الميول التي نشأت بهذه الطريقة . وقدم « جبهارد » ادلة تجريبية تؤيد فرضه ، حيث وجدت تغيرات كبيرة في جاذبية الاعمال عندما يكون كل من التوقع ودرجة النجاح في اتجاهين متعارضين .

وتلعب الاسرة دورا هاما في تنشئة الطفل وتدريبه وتشكيل عاداته وقيمه حتى بعد ان يذهب الى المدرسة . واذا كان التعليم المدرسي للطفل يتم خارج نطاق الاسرة ، فان ما يتعلمه من خبرات وافكار جديدة اذا لقي تأييدا من الاسرة فان هذا التأييد يدعم قبوله لهذه الخبرات والافكار الجديدة ، اما اذا لم تلق هذه الخبرات والافكار تأييد الاسرة ـ او لم تتفق مع ما تعلمه من قيم داخل الاسرة ـ فان الشخص يقع في صراع عليه ان يحله .

وفي المنزل ـ ذلك العالم الصغير ـ تنشأ عن علاقات الطفل باخوانه ووالديه اتجاهات وقيم، وتكون هذه الاتجاهات والقيم ـ فيما بعد ـ اساسا لعلاقاته بزملائه وممثلي السلطة من المدرسين والمديرين والمشرفين ، بل وقد تكون هذه العلاقات ، بين الطفل وافراد الاسرة الآخرين ، اساسا لتقبله نموذجا معينا من الايديولوجيات . فقد وجدت **« الزا فرنكل برونشفيك »** وزملاؤها (١٩٥٠) ان الاطفال الذين كانوا خاضعين (٤٧) لابائهم ، كانوا ايضا متقبلين للايديولوجيات السلطية (٤٨) .

ويرى عدد من الباحثين النفسيين ان هذا الخضوع اذا بلغ اقصاه ، فان الفرد سيجد صعوبة في المغامرة ، ويظل يتعامل فقط مع ما ثبتت صلاحيته ويتجنب كل ما هو جديد .

---

(٤٥) eveness

(٤٦) genetic

(٤٧) submissive

(٤٨) authoritarian

٢ ـ الخبرات التربوية فى المدرسة :

ان نوع الخبرات التى يتعرض لها الفرد فى المدرسة ، يكون له اثره على الابداع . فهذه الخبرات التربوية لا تؤثر فقط على المواد التى يتعلمها التلاميذ ، بل وتؤثر كذلك ـ بطريقة ايجابية او سلبية ـ على اتجاهات التلاميذ نحو المواقف الجديدة للتعلم فى المستقبل . فقد تؤكد طريقة التعليم اهمية التلقين والحفظ والتكرار للتراث القديم ، ولا تعنى بتنمية المبادأة والأصالة ، بل قد تعاقب عليهما . وعلى العكس من ذلك ، قد تؤكد طريقة التعليم ان الماضى ان هو الا لبنة لبناء المستقبل ، ومن ثم تشجع التلاميذ على الابتكار والاصالة ولعل هذا يبرر ما تلقاه بحوث تنمية القدرة على الابداع ودوافع الابداع لدى التلاميذ فى مراحل التعليم المختلفة ، كموقف التعليم داخل الفصل او خارجه ، او من خلال طبيعة العلاقة بين المدرسين والتلاميذ ذوى القدرات الابداعية المرتفعة . وتهتم كثير من البحوث التربوية الحديثة بتحقيق اكبر قدر من التوافق ، لدى التلاميذ المبدعين . ومع انفسهم ، لتقبل انفسهم كمبدعين تختلف آراؤهم او طرق تفكيرهم عن معظم زملائهم . ومع زملائهم ومدرسيهم ، للانفتاح على اوجه الجودة والامتياز فى آرائهم وتصرفاتهم ، ولتحقيق نوع من العلاقات الاجتماعية المتوازنة غير المبالغ فيها من حيث الاعتماد على الاخرين وشدة الاختلاط بهم ، أو من حيث الاعتزال عنهم

(Torrance, P. E., 1962, P. 143-144)

كما تهتم بعض البحوث بطرق حماية المبدعين من ضغوط باقى اعضاء الجماعة واحيانا من المدرسين ـ التى توجه ضد تمايزهم وافتراقهم عن بقية زملائهم . تلك الضغوط التى كثيرا ما يؤدى استمرارها الى عدم ثقة التلاميذ فى انفسهم ، وخفض روح المخاطرة لديهم ، او تشويه قدرتهم على التعليم بطرق مبتكرة غير ملقنة ، بعد تكرار الآخرين تسخيف طريقهم فى التفكير الابتكارى . بل ان بعضهم قد يصل به الامر ، بعد قمع حاجاته الى التفكير الابداعى ، الى نوع من الصراع العصابى بين حاجته الى تحقيق ثقته من خلال التفكير الابداعى ، وبين حاجته الى اكتساب احترام جماعة الفصل او المدرس من خلال التخلى عن التفكير الابداعى . ورغم ما يشاع بين العلاقة الايجابية بين الابداع والمرض النفسى ، فانه من الثابت الآن ان الاضطرابات النفسية تحدّ من طاقات الابداع لدى الافراد (٩) .

وقد اجريت عدة دراسات تبين منها ان المدرسين يضيقون بالتلاميذ ذوى الافكار والحلول المبتكرة ، كما اجريت عدة استفتاءات لدراسة تصور المدرسين للتلميذ النموذجى فى عدد كبير من بلاد العالم وهذا التصور لنموذج التلميذ هو طبعا ما يحاولون تاكيده من خلال تصرفاتهم مع تلاميذهم . وقد تبين من هذه الاستفتاءات ان صورة التلميذ المثالى لدى المدرسين لا تتفق غالبا مع صفات التلميذ المبدع ، بل تتفق مع نماذج السلوك التى تتمثل فى الاتباعية للآخرين ومراعاة آرائهم ، وتقلل غالبا سمات تاكيد الذات والاستقلال وعدم الاتباعية للاخرين وروح المخاطرة والمنافسة

(Terran's Comparative Ranking of Ideal Child, 1971).

مما يؤكد اهمية اعادة التخطيط لتغييرات جذرية لسياسة التربية والتعليم بطريقة تجعلها تستثير امكانيات الابداع لدى التلاميذ بدلا من ان تقمعها

(Taylor, C. and Williams. F. E., 1966)

---

(٩) نرجو ان تتناول موضوع « شخصية المبدع الوسماته الايجابية والسلبية والعلاقة الخصبة بينهما فى مقال تال (انظر الان ، كتاب : عبد الحليم محمود « الابداع والشخصية » ، دار المعارف ، القاهرة ، ١٩٧١ ، البابين الثالث والرابع) .

٣ ــ الجماعة السيكولوجية (٥٠) :

والجماعة السيكولوجية ــ اى الجماعة الصغيرة غير الرسمية التى تربط افرادها روابط عاطفيه ومهنيه ــ لها اهمية كبيرة فى عملية الابداع ، ذلك ان اتمام العمل الابداعى وحده لا يكفى ، اذ ان الشخص المبدع يحتاج فى بداية الامر دائما الى تقديم عمله الى جماعه تعترف بهذا العمل وتقومه . لهذا فان كل مبدع ، ايا كان مجال ابداعه ، شعرا او فنا او علما ، يلتف حوله شخص او اكثر ممن يكونون « جماعة » سيكولوجية له ، تشد ازره وتخفف عزلته ، ويجد لديها صدى عمله فى جو من الأمان النفسى يمكنه من الكشف عن جوانب اخرى فى مجال ابداعه .

ويوضح اهمية « الاخر موضع الثقة » ما يذكره **الدكتور مصطفى سويف** ــ فى دراسته للاسس النفسية للابداع الفنى ــ فى الشعر خاصة ، من ان حركة الشاعر فى ابداع القصيدة لا تتم ببلوغه البيت الاخير منها ، بل يخطو خطوة بعد ذلك بان يعرضها على « آخر » قد يكون صديقا عزيزا يتقن تذوق الشعر ، او ناقدا مبجلا يحدده الموقف الخاص للشاعر المهم ان حركته هذه نحو الاخر ، ذات دلالة دينامية هى بناء « **نحن** » لان رضا الاخرين عن العمل معناه انهم قد اصبحوا اقرب اليه مما كانوا من قبل (سويف ، ١٩٥٩ ، ص ١٤٥) .

وعلى هذا الاساس يمكن تفسير اتخاذ « **فرويد** » لـ « **فلهلم فليس** W. Flies » صديقا له يؤنسه ويخفف آثار عزلته العلمية . وكذلك يمكن تفسير اتخاذ الخليل بن احمد ــ واضع علم العروض فى الشعر العربى ــ لابى المعلى صديقا ورفيقا . ونستطيع ان نجد « آخر » يقوم بدور السند النفسى ، لدى كل مبدع فى الشعر وفى الفن او فى العلم ، بل وقد يوجد فى سيرة الرسل ما يؤيد هذه الظاهرة ــ مثل ابى بكر لسيدنا محمد عليه الصلاة والسلام ، ومثل الحواريين للسيد المسيح عليه السلام ، وهارون لموسى عليه السلام .

ووجود آخرين يتفهمون ما يصدر عن الشخص المبدع ، يميز المبدع الذى يحاول توصيل افكاره الى الآخرين من الهستيرى الذى يحول خيالاته وصراعاته الى حركات تمثيلية استعطافية دون اعتبار لطريقة ادراك الاخرين لها ، وعن العصابى القهرى ، الذى يصدر عنه من التصرفات ما يدفع الى القول بانه ينشىء لنفسه دينا خاصا به ، وعن المصاب بالبارانويا وهذاءاته غير المطابقة للواقع التى لا تصمد للاختبار ، والتى تشبه فى ظاهرها ما يصدر عن الشعراء والفلاسفة واصحاب الاديان ، وان كان هؤلاء يخاطبون اعدادا من الناس تفهمهم .

٤ ــ الموقف الاجتماعى المباشر الذى يعمل فيه الفرد :

على الرغم من قلة الدراسات التجريبية فيما يتصل بعلاقة مجالات السياق الاجتماعى بالابداع ، بوجه عام ، فقد اجرى فى مجال الموقف الاجتماعى المباشر الذى يعمل فيه الفرد ، عدد كبير نسبيا من البحوث ، وخاصة فى معامل البحوث الصناعيه ــ وذلك لتعرف الظروف التى تساعد على الابداع لدى مجموعات الباحثين .

ففى بحث اجراه « **دونالد تيلور** D. Taylor » فى معمل كبير للبحوث يضم عاملين فى مجال الفيزياء والكيمياء والرياضيات والهندسة ، تمت مقابلة رؤساء اثنى عشر قسم من اقسام البحوث المختلفة ، وعينة من مساعديهم ممن لديهم خبرة طويلة فى البحث والاشراف على الباحثين ــ وكان احدهم يشرف على مائة عالم ومهندس . اجمع كل من تمت مقابلتهم تقريبا ، على ان اهم عامل فى الناجية

(٥٠) The psychological group

العاملين فى اقسامهم وفى ابداعهم هو : العلاقة التى توجد بين الباحث او المهندس وبين المشرف المباشر عليه ، اى المشرف الذى يحدد له الجو الذى يعمل فيه ، والذى من شانه ان يساعد على استقبال الافكار الجديدة. ووصف بعضهم هذا « الجو » بأنه يتميز باشعار الباحث بحرية الخطا النزيه ، الذى ينتج عن الجهد المخلص فى السعى لانجاز العمل ، دون نقد او تأنيب .

ومن دراسة ــ قام بها اعضاء هيئة البحوث الاجتماعية بجامعة ميتشجان ــ للعلماء امكن التوصل الى نتائج هامة تتصل بنوع الاشراف المرتبط بالانتاج العلمى المرتفع . حيث تبين انه لا يمكن التعميم على جميع الباحثين ، لأنه بينما ارتبطت كثافة العلاقات بين صغار الباحثين والمشرفين عليهم بزيادة الانتاج العلمى ، فانه لم توجد لدى كبار الباحثين علاقة بين كثافة تفاعلهم مع رؤسائهم وبين ادائهم لعملهم .

وفيما يتصل بمقدار ما يتاح لصغار الباحثين من فرصة اتخاذ قرارات تتصل بمشكلات البحث ، تبين ــ من هذا البحث ان اعلى اداء يوجد حيث يوجد قدر من التفاعل بين الباحثين والمشرفين عليهم ، بشرط ان يكون لهؤلاء الباحثين الصغار حرية اتخاذ القرارات ، اى ان الرئيس فى هذه الحالة يحث الباحث ويشجعه ، ولا يقوم بتوجيهه (المرجع السابق) .

وقد تمكن « بلز » D. C. Pelz من خلال بعض البحوث فى مجال الصناعة من التوصل الى نتيجة تتصل بعلاقة « التوحّد مع الجماعة » بالاداء العلمى لدى مجموعة من العلماء وهى انه **عندما يكون لدى الافراد شعور بالانتماء الى الجماعة المباشرة ، ويكون رئيس هذه الجماعة قديرا ، فان مستوى اداء المرؤوسين يتسم بالارتفاع ، اما اذا كان لدى الافراد توحد كبير مع الجماعة المباشرة ، وكان رئيسهم شخصا ضئيل المواهب او غير قدير ، فان اداء المرؤوسين عندئذ يتسم بالانخفاض .**

كما تبين من بحث آخر قام به « بلز » ايضا من اثر العلاقة مع الزملاء فى الاداء ، طلب فيها من مجموعة من العلماء تحديد اهم خمسة زملاء ــ من غير المشرفين ــ بالنسبة لكل منهم ومتوسط احتكاك كل منهم بهم . وقد امكن قياس التشابه والاختلاف بين قيم كل عالم وقيم زملائه بعدة طرق ، منها تقديره لميوله وقيمه ، فاذا كان الشخص ذا ميول علمية وزملاؤه مثله ، حصل على درجة كبيرة فى التشابه ، اما اذا كان الشخص ذا ميول علمية وكانوا هم ذوى ميول ادارية ، فانه يحصل على درجة ضئيلة فى التشابه . وقد أسفر هذا البحث عن أن العلماء الذين يشبهون زملاءهم شبها كبيرا ، ويتصلون بهم مرة أو مرتين فى الاسبوع ، يحققون اكبر قدر من الاداء ، وارتبطت زيادة الاتصال بالزملاء ــ فى حالة التشابه فى الميول والقيم بهبوط الانتاج ، اما العلماء الذين يتصلون بزملاء يختلفون عنهم فى قيمهم ، فان الاتصال اليومى ارتبط باعلى قدر من الاداء . وهكذا فان الاتصال وحده لا يرتبط بالاداء ، ولكن الارتباط يظهر عندما نضع كلا من نوعى الاتصال والاداء فى الحسبان ، ويميل « بلز » الى تفسير هذه النتيجة ، بأن العالم اذا وضع مع مجموعة لا تشبهه ، فانه يحتاج الى قدر من الاحتكاك لكى يعبر هوّة الاتصال . بينما اذا وضع مع مجموعة من الزملاء تشبهه، فانه لا يكون فى حاجة الى الاحتكاك الدائم بهم ، لان مثل هذا الاحتكاك قد يؤدى الى التشتت .

الا ان « بلز » يذكر ان باحثا آخر هو « شيبارد Shepard » قد توصل ، عام ١٩٥٤ ، فى مجال الصناعة الى نتائج مختلفة ، هى انه ــ بوجه عام ــ كلما ازداد الاتصال ارتفع

الاداء . الا ان هذا التناقض بين النوعين من النتائج يمكن حله بمعرفة اكثر بطبيعة العمل واهداف المؤسسة ، اذ يمكن افتراض انه يوجد في كل من الموقفين قدر من الاتصال بالآخرين ، الا ان المقدار الأمثل (٥١) للاتصال اللازم لاحسن اداء ، قد يكون اقل في انواع النشاط الفردي منه في انواع النشاط التعاوني (نفس المرجع السابق) .

ولا شك ان نجاح الفرد في شغل الادوار التي يتوقع منه القيام بها في مجال عمله وادراكه لطبيعة هذه الادوار ، يحدد الظروف التي يبدع فيها .

وقد اكد « شتاين » ، بناء على دراساته للكيماليين في البحوث الصناعية ، الفروق بين الادوار التي يتوقع أن يشغلها الفرد ، فما يتوقع من الكيميائي في دوره كعالم يكتشف قوانين بعض الظواهر ، ويوصلها للآخرين ، يختلف عما يتوقع منه في دوره كمهني يخضع لنظام الشركة التي تقف منه موقف الحامي والعميل ، فتمنع نشره لاختراعاته قبل تأمين حقوقها ، وعليه بناء على هذا الدور ان يركز اهتمامه فيما هو عملي تطبيقي ، وان ينكر ذاته لأن اختراعاته ستنسب الى الشركة او الى المؤسسة ، وان يستطيع توصيل افكاره للاداريين الذين يعشون من العوام في تخصصاته ، وان يكون دائم الاهتمام بما ينفع شركته . وهذا غير ما يتوقع منه كموظف يكون لديه وعي مالي ويتوقع منه ان يظهر تقدما في الانتاج ، وان يدخل في حسابه تكاليف البحث منذ تخطيطه حتى مرحلة الانتاج ، وان يقدر ما سيجلبه هذا البحث الى خزينة الشركة ، كما ان عليه ان يقبل وضعه الوظيفي ولا يحتقر السلطات الادارية ، بل يتوافق معها ويتجنب الصراعات . ورغم ما يتطلبه البحث من استقلال ، فان الباحث (كموظف) جزء من مجتمع الشركة او المؤسسة التي يعمل بها ، وتنطبق عليه قواعد هذا المجتمع ، ولهذا فهو يطيع القواعد العامة المتبعة ، كالانتظام في الحضور ، والتواجد بالعمل عددا معينا من الساعات ، على أنه مع هذا الانتظام قد يتطلب الامر احيانا قدرا من المرونة في حرفية التنفيذ ، اذ قد يحتاج الى ايقاف ما يعمله من اجل الاستعانة بشخص آخر ، او اعانة شخص آخر ، او حل مشكلة طارئة في العمل . وهذا يختلف عن دوره الاجتماعي لا يكون كذلك ، اذ يتعلمه الفرد من علاقاته برؤسائه ومرؤوسيه ، ويختلف هذا الدور باختلاف الوضع بالمؤسسة ، واذا كانت الادوار السابقة مكتوبة او منطوقة فان الدور الاجتماعي لا يكون كذلك ، اذ يتعلمه الفرد من واقع خبراته او من بعض المقربين . والقيام بالدور الاجتماعي بطريقة ملائمة ضروري لاقامة اتصالات تسهل عمل الشخص ، مما يمكنه من ان يكون مبدعا . ويذكر « شتاين » عشر خصائص او توقعات تتصل بالدور الاجتماعي للشخص ، لا يحققها جميعا شخص واحد ، وان كان الاشخاص الناجحون يحققون معظمها وهي :

١ ـ **تأكيد الذات** (٥٢) دون عدوانية .

٢ ـ معرفة الرؤساء والمرؤوسين كاشخاص ، مع عدم الاختلاط بهم كاشخاص .

٣ ـ « الانفراد » في العمل ، ولكن مع عدم العزلة والانسحاب وعدم الاتصال بآخرين .

٤ ـ ان يكون داخل العمل « انيسا » ولكن ليس اجتماعيا .

٥ ـ ان يكون خارج العمل اجتماعيا وليس ودودا .

---

(٥١) Optimum

(٥٢) Assertiveness

٦ – « يعرف مكانه » مع الرؤساء ، دون خجل او تذلل او خضوع او تسليم اعمى بما يقولون .

٧ – يتوقع منه ان « يعبر عن رايه » دون تحكم .

٨ – قد يتصف بالحذق او اللباقة ، عندما يحاول الحصول على شيء ، كمزيد من الاعتمادات او العاملين معه ، ولكنه لا يتصف بالمكر والاحتيال .

٩ – يتصف في كل علاقاته بانه مخلص وامين ، وذو هدف ودبلوماسي ولا يقبل « القطع » او عدم المرونة او الميكانيكية .

١٠ – يتصف في المجال العقلي بالاتساع دون ضحالة ، والعمق دون حذلقة ، والصرامة او الدقة دون مبالغة في النقد .

وفي دراسة قام بها نابR. W. Knap لتحديد خصائص الاقسام المنتجة ــ للعلماء بخمس عشرة جامعة امريكية باتناجها للعلماء ، بحثت العلاقة بين انتاج اقسام العلوم ــ للعلماء ، الذين كانوا عند اجراء البحث قد حصلوا على درجة البكالوريوس او الدكتوراه فيما يتصل بالطابع التعليمي والروح المعنوية للقسم . وقد كان من اكثر العوامل التي اظهرت ارتباطا مستقلا له دلالته « روح الجماعة الواحدة "esprit de corps" » للقسم كما تبدى في دفء العلاقات والاتصالات الانسانية ، مع صرامة المعايير الاكاديمية التي تتطلب بيئة عقلية خاصة . اى ان القسم الناجح كان يتميز بدفء العلاقات ، ولكنه كان كذلك يتطلب معايير اكاديمية وبيئة عقلية خاصة .

التقليل من التقويم والنقد في المراحل الاولى للابداع يزيد من فرص ظهور افكار ابداعية :

وقد حاول بعض الباحثين اتباع بعض الطرق لتسهيل عملية التفكير الابداعي ، ومن اهم الطرق التي اتبعت لهذا الغرض الطريقة التي يطلق عليها اسم « المفاكرة » (٥٣) على اساس انها تعتمد على تبادل التنبيه بالافكار بين اعضاء جماعية صغيرة) . او الاسترسال (٥٤) وتقوم هذه الطريقة على اساس افتراض ان التقويم والنقد في المراحل المبكرة من عملية الابداع يكف الافكار ، وبالتالى فان الفصل بين التعلق بالفكرة وبين تقويمها يهيء جوا متسامحا خال من النقد ، مما يسهل ظهور عدد اكبر واجود من الافكار ، ثم عملية تقويمها فيما بعد . ويطلق على هذه الطريقة التي تعتمد على اطلاق العنان للافكار اذا استخدمها احد الافراد « مبدا تاجيل الحكم » (٥٥) .

ورغم ان التدريب على طريقة « المفاكرة » وتاجيل الحكم على الافكار او تقويمها ونقدها يؤدى الى زيادة الافكار الجيدة التي ينتجها الافراد ــ على الاقل فيما يتصل بمشكلات معينة (مثل تلك التي تقدمها اختبارات جيلفورد للابداع) ، كما تدل على ذلك بحوث « بارنز وميدو »
(Parnes, S. J. & Meadow, A. 1959, 1960 Meadow, A. et al, 1959 „ a ", „ b ")
فان نتائج استخدام « الجماعات الصغيرة » لهذه الطريقة ، متعارضة وغير منتظمة ، مما يبرز اهمية البحوث التجريبية الدقيقة التي تمكن من تقويم كفاءة هذه الطريقة وتحديد اساليب الافادة منها في الجماعات « الصغيرة » .

---

(٥٣) Brainstorming

(٥٤) Synetics.

(٥٥) Principle of deferred judgment.

ونستطيع تصنيف جوانب الاهتمام باستخدام طريقة المفاكرة في « الجماعات الصغيرة » الى زاويتين :

الاولى :

هي **مقارنة انتاج الجماعة** من الافكار عند استخدامها لهذه الطريقة ، وعند عدم استخدامها على اساس الاعتقاد بأن استخدام هذه الطريقة يخفف من معايير التقويم في الجماعة ، مما يترتب عليه زيادة انتاج الافكار الجيدة .

وقد قام « بارلوف وهاندلون "Parloff, M.B. and Handlon, J. H. بتقديم عدد من المشكلات الى « ازواج » (٥٦) من الاناث لحلها . وقد قسمت ظروف الحل الى نوعين :

الاول : يتصف بدرجة النقد عالية او مشددة (٥٧) .

والثاني : يتصف بدرجة النقد منخفضة او مخففة (٥٨) .

وقد سجلت مناقشات البحوثات والحلول التي توصلن اليها ، ثم طلب الى كل اثنتين ان تقدما ما توصلتا اليه من حلول ، في صورة مكتوبة ، بعد نقدها وتقويمها .

وبعد تصنيف الحلول المقدمة ، تبين ان المجموعة التي عملت في **ظروف النقد المخففة** انتجت من **الافكار عدداً اكبر** ـ سواء من ناحية العدد المطلق او من ناحية الجودة . مع ملاحظة ان المجموعة التي عملت في ظروف النقد المشددة انتجت ، اثناء نقاشها ، عددا اكبر من الحلول الجديدة . ولما كانت المجموعات التي عملت في ظروف « نقد مشددة » تقدمت بنسبة من الحلول اقل مما تقدمت به المجموعات التي عملت في ظروف نقد مخففة ، فقد استنتج « بارلوف وهاندلون ان طريقة المفاكرة تنتج افكارا جيدة اكثر ، لانها تسمح للشخص ان يترك مسئولية الحكم على افكاره للاخرين .

اما زاوية الاهتمام الثانية :

فتتصل بمقارنة استخدام طريقة « المفاكرة » مع تأجيل الحكم على الافكار في بداية عملية الابداع باستخدامها لدى كل فرد على حدة .

ففي تجربة قام بها « دونالد تيلور » ، وبرى وبلوك عام ١٩٥٨ ، قدمت ثلاث مشكلات الى ٩٦ طالبا من طلبة جامعة « ييل Yale » مقسمين الى نصفين ، وزع افراد احد القسمين الى ٢١ مجموعة تجريبية كل منها من اربعة اشخاص يشتركون في حل المشكلات مستخدمين طريقة المفاكرة ، اما افراد القسم الاخر فقد طلب منهم « الاسترسال » في افكارهم التي تتصل بالمشكلات بطريقة فردية . ثم وزعوا بعد ذلك على المجموعات الاثنتي عشرة ، بطريقة عشوائية . وقد اطلق على افراد القسم الثاني اسم « المجموعات الاسمية » (٥٩) . وفي نهاية البحث ، تبين ان « المجموعات الاسمية » ـ التي استرسل افرادها في حل المشكلات بطريقة فردية ـ انتجت ضعف ما انتجته المجموعات الفعلية .

وقد اتبع « بارنز S. J. Parnes » في بحثه المنشور عام ١٩٦٣ ، نفس التصميم التجريبي

(٥٦) Dyads

(٥٧) High — critical condition

(٥٨) Low-critical condition

(٥٩) Nominal groups

الذى اتبعه « تيلور وزملاؤه » ، وان اختلفت — لسوء الحظ — نماذج المشكلات المستخدمة ونوع صدقها او التحقق منها . وتوصل « بارنز » من هذا البحث الى عدم وجود فروق ذات دلالة بين المجموعات الاسمية والمجموعات الفعلية ، وان مالت النتائج الى صالح المجموعات الفعلية .

وفى عام ١٩٦٤ ، حاول **« دونيت »** (M. D. Dunnette) ادخال تعديلات على تصميم تجربة « تيلور وزملائه — ١٩٥٨ » ، فبدلا من استخدام مجموعات خاصة مصطنعة ، اعد مجموعات من علماء وعاملين بالاعلان ، سبق أن عملوا مع بعضهم البعض — لاحتمال ان يكون لهذا اثره فى تحسين انتاج الجماعات على انتاج الافراد . ثم حاول « دونيت » زيادة الضبط التجريبي بأن جعل الاشخاص جميعا يعملون فى كل من المواقف الفردية والجماعية مستخدمين فى هاتين الحالتين طريقة « المفاكرة » مع تأجيل الحكم والنقد .

وقد تبين من نتائج هذا البحث ان مجموع الحلول التي انتجها الافراد جميعا وهم « فرادى » اكثر — بمقدار الثلث — مما انتجوه وهم فى جماعات . اما من حيث « جودة » الافكار ، فلم يوجد لدى العلماء فرق — ذو دلالة احصائية — بين انتاجهم فرادى وانتاجهم كجماعات . اما رجال الاعلان ، فقد ادى نشاطهم الفردى الى افكار اكثر جودة من نشاطهم فى جماعات .

وانتهى « دونيت » الى ان طريقة « المفاكرة » تكون اكثر فعالية عندما يستخدمها الافراد الذين يعملون فى جوء خال من الآثار الكافة (٦٠) الناتجة عن تفاعل الجماعة . وهذا يؤكد ما قدمه « توكمان ولورج Tuckman, J. & Lorge, I. » من بيانات تثبت ان اداء الجماعة قلما يتجاوز الأداء الفردى لاحسن الاعضاء ، وان الجماعة تؤثر غالبا ، بالكف ، على اداء احسن الاعضاء .

٥ — الجماعات المتوسطة (٦١) :

تتوسط بين الفرد المبدع والمجتمع الكبير جماعات تتكون من اعضاء المنظمات العلمية او المهنية والنقاد ، وامناء المتاحف ، واللجان العلمية والفنية ، ومجالس ادارات المؤسسات العلمية والصناعية ... الخ ، وتلعب هذه الجماعات ادوارا حاسمة بالنسبة لعملية الابداع . فهى من ناحية تزود المبدع بتقويم مدروس لعمله مما قد يفيده ، ومن ناحية اخرى تستخدم كمرشحات انتقائية ، يترتب على قراراتها وتقويماتها تزويد بعض الافراد بالعون والاعتراف بعملهم ، بينما قد تمنع هذه الجماعات الاعتراف والعون عن آخرين ، لهذا فان قرارات هذه الجماعات ذات اهمية عظيمة بالنسبة للابداع . ذلك ان هذه الجماعات المتوسطة يكون لها تأثيرها فى تكوين الرأى العام وعلى خلق أسواق العمل الابداعى ، وفى اسراع تقبل الجمهور للمبدعين . ولما كان تقبل الجمهور يرتبط فى كثير من الاحيان بالشهرة والشيوع اكثر من ارتباطه بالابداع ، فان عدم تأييد هذه الهيئات للمبدعين يؤثر فى مستقبلهم وتقدمهم وفى فرص تنمية ابداعهم . فهذه الجماعات المتوسطة لها اثرها على الابداع لانها قد تخلق جوا ، او تفرض بناء اجتماعيا ، معارضا يستنفد من الفرد المبدع طاقات كان يمكنه استخدامها فى حل المشكلات التي تواجهه فى مجال ابداعه . كما انها عندما تتقبل الانتاج الابداعى تمد الشخص بتأييد سيكولوجى غاية فى الأهمية ، لان قبول هذه الجماعات للانتاج الابداعى واعترافها به يدل على تقبلها للحاجات التي دفعت الشخص المبدع الى الانحراف عن المألوف ، وعدم تقبل الانماط الشائعة

(٦٠) Inhibiting influences.

(٦١) The Intermediate groups

وغزو المجهول. وبهذا **تعبر الجماعة عن التشابه بل التوحد بين رغباتها ورغبات الشخص المبدع، وهي بهذا تشترك مع الفرد المبدع** ـ بمعنى من المعاني ، **في عملية الابداع ، لانها عندئذ تتقبل الانتاج الابداعي على انه يعبر عن بعض حاجاتها ويقول ما كانت تريد الجماعة ان تقوله ولكنها عجزت عن قوله** . فضلا عن ان الانتاج الابداعي قد يعطى اتجاها جديدا للتجربة ولسلوك الجماعة .

ونظرا لاهمية هذه الجماعات المتوسطة في تشجيع الابتكار او العقاب عليه فان عددا كبيرا من المجتمعات الحديثة التي تحرص على تنمية الابداع لدى ابنائها ، اتخذت من الضمانات ما يوفر وجود عناصر شابة من المبدعين داخل هذه الجماعات واللجان بالاضافة الى وضع معايير للاختبار تشجع التجديد لدى المواهب الابداعية الاصيلة .

ب ـ العناصر الثانوية او العامة للسياق الاجتماعي :

ومن اهم العناصر العامة للسياق الاجتماعي التي تؤثر على الابداع :

١ ـ البيئة الطبيعية والموقع الجغرافي :

تؤثر البيئة الطبيعية تاثيرا غير مباشر على الابداع ، بما تحويه من انواع المصادر الطبيعية ومقاديرها ، مما يؤثر في انواع الانتاج وادواته والاشكال التي يتخذها . فما يتوقع من نماذج ابداعية للمنازل في مجتمع قائم على البر ، غير ما يتوقع منها في مجتمع محاط بالبحر ، وما يتوقع في مجتمع صحراوي ، غير ما يتوقع في مجتمع زراعي .. الخ

كذلك فان الموقع الجغرافي يؤثر في عملية الاتصال ، فمثلا عدم وجود عوائق طبيعية يسهل الاتصال بين الناس ، ويجعل من السهل عليهم التعرف على الصور الجديدة للاشياء والافكار وطرق الحياة ، وتكوين وجهات النظر نحوها ، كما يسهل عليهم تناول الادوات المادية مما قد يدفعهم الى التفكير .

٢ ـ الاتجاه الفلسفي للحضارة (١٢) :

ويشمل الاتجاه الفلسفي للحضارة ـ بالمعنى الواسع ـ الصياغات العلمية والفلسفية والدينية التي تتبناها المجتمعات ازاء تصور الانسان ، ومعنى سلوكه ، وعلاقته بالكون ، والله وبزملائه الادميين ، كما تشمل القيم التي تؤثر في طريقة حياة الانسان .

وتساعد هذه الاتجاهات الفلسفية العامة للحضارة الانسان على أن يجد مكانه في البيئة وعلى أن يشعر بالطمانينة ، كما انها تكون بمثابة الاطار المرجعي لاختبار البيانات الجديدة وتقويمها وتناولها . وتتضمن هذه الاتجاهات الفلسفية العامة تقديرا ـ صريحا او ضمنيا ـ يضفي على بعض انواع النشاط قيمة كبيرة مما يشجع الاشخاص على ممارستها لانها ستؤدي بهم الى « حياة جيدة » في المجتمع ، كما تضفي على انواع اخرى من النشاط قيمة ضئيلة او تحرمها . ويدعم هذا التدرج ، في قيمة انواع النشاط المختلفة ضغوط اجتماعية عديدة .

وتؤثر الفروق في القيم المرتبطة بمختلف انواع النشاط في المجالات التي يمكن ان يظهر الابداع فيها . فمثلا قد تضفي حضارة معينة قيمة كبيرة على التفلسف والتأمل النظري ، بينما تقلل من شان الاعمال الحرفية او التي تتطلب مجهودا جسميا كما كان الحال لدى اليونان ، في حين تضفي حضارة اخرى قيمة كبرى على كل ما له فائدة عملية واضحة كما كان الحال لدى الرومان في الماضي والامريكان في الحاضر ، وقد عانت اوروبا في العصور الوسطى المظلمة من الجهل بالظواهر الطبيعية

وعدم الاصالة في العلم ، لاصطباغ المعرفة عندئذ بالطابع المدرسي حيث كانت الجهود تكرّس في دراسة كتب المنطق والميتافيزيقا دون ملاحظة الطبيعة .

ويؤثر الاتجاه الفلسفي السائد في تقويم السياقات والنظريات الجديدة ، وفي تقبلها او رفضها . فقد كان من السهل على اليونان تقبل الصورة التي قدمها « بطليموس » عن العالم ، لان فلاسفتهم كانوا يعدون الحركة الدائرية والفلك الدائري هما ما يمكن وصفهما بالبساطة والطبيعية ، وذلك في نفس الوقت الذي وجد فيه افتراض أن « الشمس هي مركز الكون (٦٣) » الذي لم يلتفت اليه بما فيه الكفاية . اكثر من هذا فقد كان يمكن ـ كما قال بطليموس ـ حساب اوضاع النجوم والكواكب باقل نوع من الهرطقة (٦٤) الميتافيزيقية .

وكذلك فان الاتجاه الفلسفي السائد يكون له اثره في اختيار الطرق المناسبة لتناول الحقائق . وعلى هذا الاساس قد تصطبغ الطرق والمناهج بالاتجاه التحليلي العقلي او الاتجاه الحدسي او الاتجاه التجريبي .

٢ ـ مستوى تقدم الحضارة :

يؤثر مستوى التقدم الذي بلغته الحضارة في الموقف الذي يبدأ منه الفرد عملية الابداع ، بحيث يمكن افتراض انه اذا وجد شخصان متشابهان ، لدى كل منهما الصفات الشخصية اللازمة للابداع ، ولكنهما يختلفان في مكان مولديهما وزمانه ، فانه يتوقع أن ما يصدر عن احدهما يكون مختلفا عما يصدر عن الاخر . وعلى هذا لا يمكن تصور ما يصدر عن العبقري ، في مجال الفن او العلم الا في ضوء ما سبقه من جهود ، في مجال ابداعه ، لولاها لما امكن لهذا الانتاج الابداعي ان يتم . ويذكر « **اوجبرن** » Ogburn, W. F. أن ١٢ شخصا ساهموا في تنمية الآلة البخارية بين عامي ١٦٠٥ و ١٧٨٥ عندما اعطاها « **وات** Watt » صورتها المميزة . وينتهي « اوجبرن » من هذا الى انه رغم عظم شأن (**وات**) ، فان اتمام الآلة البخارية لم يكن وقفا عليه وحده بالذات ، لانه من غير المعقول ان نتصور عدم حدوث الثورة الصناعية اذا كان « وات » قد توفي في طفولته . ويذكر انه توجد امثلة عديدة « لاستعداد » الحضارة للتطور المبدع ، وابرز مثال على هذا تزامن الاختراعات (الاكتشافات) التي يتوصل اليها ، في وقت واحد ، باحثون مستقلون في مناطق متفرقة . ويصل ما يحصيه « اوجبرن » من هذه الحالات الى « ١٤٨ » حالة ، مما يدل على ان الكشوف والاختراعات محدود بالحضارة ، وانه لم يمكن التنبؤ بظهورها في وقت محدد ، فان ظهورها لا مفر منه .

ويتصل ايضا بالمستوى المتاح من الحضارة مقدار ما يقدم ـ في المجتمع الحديث ـ للباحثين بالدول المختلفة من فرص الاطلاع على احدث المجلات والكتب العلمية ، وتيسير مهمة الاتصال باقطاب العلم في جميع انحاء العالم ، عن طريق الزيارات والندوات والمؤتمرات .. الخ .

ويتصل « بمستوى التقدم الحضاري » ، ما تتيحه بعض الاختراعات الجديدة من فتح مجالات جديدة للبحث او التمكين من كشوف جديدة ، وهنا نذكر ما اسداه وجود الميكروسكوب والتليسكوب والسبيكتروسكوب (٦٥) والادوات الكهربائية والكيميائية الاخرى ، من تقوية لقدراتنا على معرفة بيئتنا

---

(٦٣) Heliocentric hypothesis.

(٦٤) Heresy

(٦٥) اى الرقب الطيفي

الطبيعية . وما ادى اليه التقدم الصناعي من خدمات جليلة تساعد على ظهور الابداع ، ولنا ان نتصور مدى التقدم الذى حدث بعد ظهور الطباعة ، وما حققه ذلك من فرص اطلاع العقول التى يحتمل أن تكون مبدعة على الافكار المفيدة ، وكذلك ظهور الالات الحاسبة الالكترونية شديدة السرعة ، التى تقوم بعمليات تمثل بعض جوانب عملية التفكير ، مما قدم اجل الخدمات للعلم بسبب سرعة انجازها للعمليات الحسابية والرياضية ، وحديثا ــ بفضل جهود الرياضيين والمهندسين البارعين ــ اصبح لهذه الالات الالكترونية مقدرة فائقة على التذكر ــ اكثر بكثير مما تستطيع ذاكرتنا ــ ، وعلى حل المشكلات الرياضية المعقدة ، مما يوفر على العلماء الكثير من الوقت والجهد . بل ان التقدم الصناعي الحديث ساهم في تحرير الانسان من العمل البدني ، واتاح له فرصة للفراغ يمكنه استغلالها في تكوين عادات عقلية مفيدة . هذا بالاضافة الى ما اسداه تقدم وسائل المواصلات ووسائل الاتصال من توسيع دائرة المنتفعين بالعلم ، وسرعة الاتصال بين العلماء (Harmon, L. R., 1956) وحتى في مجال الفن ، فان اختراع انابيب الالوان جعل من الممكن لراسم المناظر الطبيعية ان ينجز رسمه مباشرة من الطبيعة .

على ان الحضارة عندما تصل الى نقطة تبدا عندها في التدهور ، او عندما تصل الى درجة التشبع ، حيث لا يمكن الاضافة الى مجالات النشاط التى بلغتها ، يصبح كل ما يظهر من اعمال تكراريا !! وحتى اذا وجدت تجديدات ــ بعد ظهور مرحلة التشبع هذه ــ فانه لا ينظر اليها عندئذ على انها تبلغ المستوى المرتفع للابداع الذى بلغته الاعمال التى سبق وجودها . اى ان قوى حضارية لها اثرها هى التى تختار من بين التجديدات في هذه المرحلة فتتسامح مع بعض محاولات التجديد وتساندها ، وتساعد على ظهور صور جديدة ، او ترفع بعضها الى حد المعيار للابداع ــ مثل ما يختار كنماذج للرسم في معرض الفن الحديث ــ بينما تتجاهل بعض التجديدات نهائيا فتعجل بالقضاء عليها (Stein, M. I., Cultural Context of Crealin)

٤ ــ الفرص التربوية والخبرات المتاحة :

اذا كان الابداع يعتمد على المعلومات الموجودة بالمجتمع ، فانه لكى يظهر الابداع لا بد أن تصل هذه المعلومات الموجودة الى الفرد المبدع الذى يشكلها تشكيلات جديدة . وهذه المعلومات قد تنقل خلال العلاقات الرسمية او غير الرسمية بين الافراد وهنا نشير الى اهمية العلاقات الرسمية التى تسهم فيها امكانيات المجتمع . ذلك انه كلما زاد عدد من تتاح لهم فرصة تحصيل التراث الحضارى ، زادت امكانيات التطوير الابداعي . ومع ذلك فاننا نجد في مختلف المجتمعات قيودا على عدد الاشخاص الذين تتاح لهم فرصة المعرفة التى يرغبون في تحصيلها والتى تلزم الابداع وعلى نوع هؤلاء الاشخاص ، كان يشترط فيهم ان يكونوا من طبقة معينة او جنس معين او لون معين أو يستطيعون اداء اموال معينة ...... الخ ــ وقد تطول احيانا فترة التدريب بحيث ينشغل الفرد بمجرد انتهائه من التحصيل بحاجاته اليومية لتعويض ما فاته مما يشغله عن الابداع (المرجع السابق) .

وفى ضوء الظروف الحضارية العامة التى تحدد للافراد ــ الذين تتوفر فيهم مواصفات او شروط خاصة ــ ادوارا معينة ترتبط بما يتاح لهم من انواع الخبرات ، نستطيع ان ننظر الى نتائج البحوث التى يقارن فيها بين الذكور والاناث ، والتى تدل على ان الذكور اكثر تفوقا في القدرة على الابداع من الاناث ، بطريقة ذات دلالة ، في حل المشكلات ، حتى مع مراعاة تماثل كل من الذكور والاناث في الذكاء والقدرات المختلفة والمعلومات النوعية المتصلة بهذه المشكلات .

(Sureeney. E, J., 1953 ; Carey, G. L., 1958)

ومن هذه البحوث ذلك البحث الذى اجرى فى جامعة كاليفورنيا ولبت متعان عدد المتفوقين فى التفكير الابداعى من الذكور اعلى بكثير من عدد الاناث ، وان كانوا ــ اى الذكور المتفوقين فى الابداع ــ يميلون للحصول على درجات مرتفعة على مقياس الميول الانثوية ! ويعلق « د . تيلو » على هذه النتائج بأنه مع عدم استبعاد اثر العامل البيولوجى ، يميل الى الاعتقاد بأن الفروق بين الجنسين انما ترجع الى الفروق فى خبرات كل من الذكور والاناث فى الحضارة المعاصرة .

وبناء على هذا نستطيع ان نتوقع ان يتفوق الاناث على الذكور ، اذا قدمت لكل منهم انواع من المشكلات التى تراكمت لدى الاناث منها خبرات على مدى الاجيال ، مثل : حسن التصرف فى مشكلات الحياة اليومية ، وغيرها من المشكلات التى تكون المرأة مطلوبة طرفها غالبا او طرفا فيها وتحلها فى اطار الدور الاجتماعى المحدد لها .... الخ . وقد تأيد هذا التوقع الى حد كبير من خلال بحث قامت به الباحثة المصرية ناهد رمزى (رسالة ماجستير غير منشورة ١٩٧٢) .

٥ ــ العوامل السياسية :

تمد النظم السياسية ــ التى تحمى حقوق الانسان وتضمن حريته فى التعبير عن نفسه ــ الشخص بشعور بالطمأنينة والاستقلال ينعكس فى انواع نشاطه الاخرى . وعلى العكس من ذلك ، فان النظم السياسية التى تضع قيودا على التفكير ، قد تؤدى الى الحد من مجالات التعبير والتجريب والتجديد . كما ان ظروفا سياسية او قومية معينة ، قد تدفع الى تعبئة الطاقات والى تشجيع المبدعين فى مختلف المجالات . وقد تخلق الحروب حاجات ومشكلات مما يدفع عدد كبيرا من الافراد لبذل الجهد للحلول العاجلة ، فضلا عن توفير الأموال اللازمة للادوات والمواد التى تستخدم فى حل هذه المشكلات . على أن ظروف الحرب وحدها لا ينتج عنها بالضرورة زيادة الابداع ، لأن الحرب مع انها قد تدفع الى تنفيذ افكار مفيدة لافراد مبدعين واخراجها الى حيز الوجود ــ رغم ما تتطلبه من تكاليف ــ طمعا فى فائدتها ، فان هذه الظروف نفسها قد تستنفد عددا كبيرا من الافراد وتقضى عليهم مما يقلل من المصادر المختلفة لظهور الافراد المبدعين . فضلا عما يتخذ بسبب الحرب من اجراءات امن من شأنها ان تحد من حرية التعبير ومن ثم تقلل من فرص ظهور افكار جديدة .

٦ ــ العوامل الاقتصادية :

قد يكون للعوامل الاقتصادية تأثير مباشر على الابداع ، عندما تشجع هيئات معينة انتاج اعمال ابداعية بعينها ، عن طريق اجزال العطاء مقابل انتاج هذه الاعمال ، مما يؤدى الى التركيز على انتاجها وتنميتها . كما قد يكون لهذه العوامل الاقتصادية تأثير غير مباشر على الابداع ، عندما يؤدى توافر الظروف الاقتصادية الملائمة الى ازالة بعض العقبات امام الابداع ، مثل اتاحة وقت للفراغ او توفير الطاقات للاعمال الابداعية .

٧ ــ التنظيم الاجتماعى (٦٦) :

يتمايز الافراد من مختلف الطبقات والطوائف الاجتماعية بانواع من الامتيازات والالتزامات وقد يؤدى هذا التمايز الى الحد من الاتصال بينهم ، وبالتالى يؤدى الى الحد من البيانات والخبرات الميسرة لفئة من الفئات ، مما يقلل من كمية التنبيه التى تتعرض لها هذه الفئة ، فتقل بالتالى فرص الابداع لدى افرادها . وعلى العكس من ذلك ، قد يؤدى هذا الى حشد

(٦٦) Social Organization

عرض الكتب



سفر التكوين كأسطورة

عرض وتحليل : الدكتور محمد الجوهري

مقدمة : الاتجاهات البنائية في دراسة الادب الشعبي :

هذا الكتاب محاولة لتطبيق منهج التحليل البنائي (كما هو معروف عند **ليفي ستروس**) على بعض قصص الكتاب المقدس . ولما كانت النظرة البنائية تمثل المنطلق الأساسي لمؤلف الكتاب ، والخلفية العامة لكل ما يطرحه في كتابه من قضايا ، فقد يكون من الافضل ان نبدأ باشارة سريعة الى ابرز الاتجاهات البنائية المعروفة في دراسة الادب الشعبي .

تمثل البنائية اكثر النظريات التي ظهرت في دوائر الفولكلور ابان الستينات تأثيرا ، واكثرها جميعا جذبا للاهتمام . وكان أصحاب التحليل البنائي قد استطاعوا تطوير بعض آرائهم قبل الستينات بكثير . نذكر منهم على سبيل المثال العالم الالماني « **اندريه يوليس** » A. Jolles في كتابه « الاشكال البسيطة » (١) (١٩٣٠) . ويمثل هذا الكتاب محاولة لتحديد الاشكال الأولية الأساسية للتعبير الشعبي الادبي . كما يدخل ضمن هذه الفئة **اللورد راجلان** Raglan (البطل) (١٩٣٠) . وقد حدد في هذا الكتاب تحديدا محكما النمط العام لاحداث حكايات الابطال الكلاسيكية والاسطورية . ثم جاءت دراسة العالم الروسي **فلاديمير بروب** V. Propp التي نشرت لأول مرة باللغة الروسية في عام ١٩٢٨ ، ثم صدرت لها ترجمة

* Edmund Leach, Genesis as Myth and other Essays, Capa Editions, London, 1969.

(١) Einfache Formen.

انجليزية في عام ١٩٥٨ بعنوان « مورفولوجية الحكاية الشعبية » (٢) .

وقد قام **الان دندس** A. Dundes بتطبيق هذا الاتجاه في التحليل البنائي على مجموعة من الحكايات الشعبية عند هنود امريكا الشمالية في كتابه « مورفولوجية الحكايات الشعبية عند هنود امريكا الشمالية » (٣) (١٩٦٤) . وبذلك استطاع دندس ان يطبق التحليل البنائي على مجموعة من الحكايات التي كانت تعتبر في الماضي عديمة الملامح ، كما استطاع ان يقدم تصوره النظرية البنائية من منظور فكري رحب . كذلك قام بعض علماء الفولكلور الشبان الآخرين من جيل دندس بصياغة بعض النماذج البنائية الخاصة في الرسائل العلمية وفي المقالات .

والى جانب هذا الاتجاه قدم عالم الانثروبولوجيا الفرنسي **كلود ليفي ستروس** منهجا آخر من مناهج التحليل البنائي للنصوص الفولكلورية قائما على النظرية اللغوية . وقد اقترح في مقال هام نشره بعنوان « الدراسة البنائية للاسطورة » (٤) اتجاها جديدا تماما في تفسير الاساطير . فقد كانت المدارس القديمة تحاول دائما التوصل الى بعض الاستنتاجات من واقع المقارنة المبسطة بين الاساطير والثقافة التي تعيش فيها . فكانت الاساطير في نظرهم اما تعكس وقائع الثقافة او تشوهها . ولكن لماذا اذن تتصف الاساطير بكثير من الملامح المتشابهة في ارجاء العالم المختلفة ؟ يعتقد ليفي ستروس اننا يمكن ان نعثر على اجابة على هذا التساؤل في البناء المنطقي الموجود داخل العقل الانساني ، بما في ذلك العقل « البدائي الهمجي » . وقد استشهد ليفي ستروس بأسطورة اوديب وبعض اساطير هنود امريكا الشمالية فشرحها على اساس مجموعات او « حزم العلاقات » .

ويقارن **ريتشارد دورسون** R. Dorson هذين الاتجاهين الاساسيين في التحليل البنائي للأنواع الادبية الشعبية فيقول : « نلاحظ ان نسق ليفي شتروس يعتمد على تصنيف وترتيب الملامح القصصية في الاسطورة على نحو معين بحيث تكشف عن البناء الكامن وراء تلك الملامح ، بينما يتتبع نسق بروب خط القصة نفسه . وتمثل هاتان النظريتان ابرز انواع التحليل البنائي ، اللتان يقترح دندس ان نطلق عليهما مصطلحي : المنهج النموذجي Paradigmatic ، والمنهج التركيبي Synatagmatic (اشتقاقا من مصطلح Syntax اي بناء الجملة ، وهو ترتيب كلمات الجملة في اشكالها وعلاقاتها الصحيحة) . وذلك على اساس ان ليفي شتروس يسعى الى التوصل الى المثال او النموذج Paradigm ، او الاطار التصوري الكامن وراء الاسطورة ، على حين يضع بروب بناء الحكاية (او ترتيب اجزائها في اشكالها وعلاقاتها الصحيحة) في المحل الاول من اعتباره . وتسعى هذه الاساليب البنائية وغيرها الى تخفيض الانواع الفولكلورية الى نماذج وصيغ عامة .

وكما اشرنا في البداية فان **ادموند ليتش** يقدم لنا في الكتاب الذي نعرض له هنا محاولة لتطبيق النظرة البنائية الثانية (ليفي ستروس) على بعض قصص الكتاب المقدس .

المؤلف والكتاب :

مؤلف هذا الكتاب ادموند ليتش Edmund Leach واحد من ألمع علماء الانثروبولوجيا البريطانيين المعاصرين ، ولد في

(٢) Morphology of the Folktale

(٣) The Morphology of North American Indian Folktales.

(٤) The Structural Study of Myth, in Journal of American Folklore, LXVIII (1955), 428-444.

بريطانيا عام ١٩١٠ ، ودرس الرياضيات والعلوم الميكانيكية في جامعة كيمبردج ، وحصل على درجة الليسانس في الآداب من تلك الجامعة عام ١٩٣٢ . والتحق بخدمة الحكومة بعد تخرجه من الجامعة ، حيث اشتغل عدة سنوات في الصين ، عاد بعدها الى انجلترا ، حيث شرع في دراسة الانثروبولوجيا الاجتماعية على كل من **مالينوفسكى وريموند فيرث** . واستعد في اطار دراسته هذه للقيام برحلة علمية الى كردستان في عام ١٩٣٨ ولكنها اخفقت بسبب الظروف الدولية آنذاك التى سبقت اندلاع الحرب العالمية الثانية . وقد كانت نفس تلك الظروف سببا في فشل ترتيباته للقيام برحلة علمية جديدة طويلة الى بورما في عام ١٩٣٩ . ثم قدر له ان يجوب معظم الاجزاء الشمالية من بورما في الفترة من خريف ١٩٣٩ حتى صيف ١٩٤٥ بوصفه ضابطا في جيش بورما . وبعد ان وضعت الحرب العالمية اوزارها عاد الى بريطانيا حيث حصل على درجة الدكتوراه في عام ١٩٤٧/١٩٤٨ . وقام في اعقاب ذلك باجراء مسح في ساراواك (٥) . ثم عين عضواً بهيئة التدريس بمدرسة الاقتصاد والعلوم السياسية التابعة لجامعة لندن . وتخلى عن وظيفة استاذ مساعد بهذه المدرسة في عام ١٩٥٣ ، لكى يعود مدرسا بجامعة كيمبردج ، وهى الوظيفة التى شغلها من تلك السنة وحتى عام ١٩٥٨ ، حيث رقى بعدها الى وظيفة استاذ مساعد بتلك الجامعة . وفى عام ١٩٦٦ خلف **اللورد آنان** Annan كعميد لكلية كينج « بجامعة كيمبردج . حتى كانت محاضرات **ريث** Reith Lectures التى القاها عام ١٩٦٧ مناسبة سلطت عليه الاضواء ولفتت اليه انظار الجميع . ولكنه ظل مع ذلك على حرصه على متابعة بحوله ونشاطه العلمى كواحد من ابرز علماء الانثروبولوجيا الاجتماعية فى بلاده .

ويحمل هذا الكتاب عنوانا له اسم احد المقالات الثلاث التى تمثل كل محتوياته ، واعنى هنا المقال الاول : « سفر التكوين كاسطورة » .

وقد سبق للمؤلف ان نشر هذه المقالات فى اماكن متفرقة ، فنشر المقال الاول « سفر التكوين كاسطورة » لاول مرة فى مجلة « ديسكفورى » Discovery (التى اندمجت الآن فى ساينس جورنال) Science Journal المجلد الثالث والعشرين ، مايو ١٩٦٢ . اما المقال الثانى المعنون « حقيقة سليمان » فقد نشر لاول مرة فى « المجلة الاوروبية لعلم الاجتماع » ، المجلد السابع ، عام ١٩٦٦ ، من صفحة ٥٨ الى صفحة ١٠١ . ونشر المقال الثالث وعنوانه « الولاية العذرية » فى **اعمال المعهد الانثروبولوجى الملكى لبريطانيا العظمى وايرلنده** » عام ١٩٦٦ .

ويقع الكتاب فى نحو مائة وعشرين صفحة من القطع الصغير ، يشغل المقال الاول فيه المساحة من صفحة ٧ الى صفحة ٢٣ ، والمقال الثانى من ص ٢٥ الى ٨٣ والثالث من ص ٨٥ ــ ١١٢ . اما بقية صفحات الكتاب فقد خصصها المؤلف للحواشى والمراجع ، وبعض القراءات المقترحة .

على اننا لا نرى فى المقال الاول ما يميزه عن سائر المقالات بحيث يستحوذ على عنوان الكتاب ، اللهم انه اقدمها جميعا واسبقها الى النشر . اما فيما عدا هذا فواضح ان عنوان هذا المقال هو اكثرها جميعا طرافة وجذبا للقارىء ، ولا بد ان يكون وقع الاسم على اذن القارىء قد لعب دوراً ــ على الاقل لدى الناشر ــ فى تفضيله اسما للكتاب كله .

اما المقال الرئيسى فى الواقع بين هذه المقالات الثلاث فهو المقال الثانى . لانه من الناحية الشكلية البحتة يشغل اكثر من مساحة المقالين الآخرين مجتمعين ، وهو من الناحية الموضوعية

(٥) ساراواك Sarawak : احدى اجزاء دولة ماليزيا ، تغطى الساحل الشمالى الغربى لجزيرة بورنيو ، يناهز عدد سكانها ثلاثة ارباع المليون (من الملاويين والصينيين اساسا) وعاصمتها كوتشينج .

اخصبها جميعا . كما انه اكثر دلالة على فكر المؤلف وافصاحا عن موقفه العام ، وذلك من خلال القضايا المنهجية والعامة التي يثيرها فيه . وسنعرض فيما يلي لتلك المقالات بشيء من التفصيل .

١ ـ قصة خلق الكون :

يمثل تحليل التركيب الثنائي للاسطورة احد الانجازات الرئيسية التي تدين بها دراسة الاساطير لاسهامات ذلك الفرع الثاني المشار اليه من الاتجاه البنائي . وهو الاتجاه الذي ارتبط باسم **رومان جاكوبسون** ، ثم باسم **كلود ليفي ستروس** .

يوضح ليتش في البداية ان التناقضات الثنائية سمة جوهرية من سمات عملية التفكير الانساني . فالشيء حي او غير حي ، ولا يستطيع الانسان ان يصوغ تعبيرا يوضح مفهوم الشيء « الحي » الا من خلال الاشارة الى نقيضه وهو الشيء « الميت » . كذلك البشر اما ذكور او غير ذكور . وافراد الجنس الاخر اما يمكن الاتصال بهم جنسيا او لا يمكن . وتلك هي بوجه عام اكثر انواع المقابلة اهمية في التجربة الانسانية باجمعها .

وتهتم الاديان في كل مكان بالنوع الاول من المقابلة ، واعني المقابلة بين الحياة والموت . فالدين يحاول ـ في راى المؤلف ـ ان ينكر الرابطة الثنائية بين الكلمتين . وهو يفعل ذلك من خلال خلق الفكرة الغيبية عن « العالم الآخر » ، وهو : ارض الموتى التي توجد فيها الحياة الأبدية . ونلاحظ ان الصفات التي تضفى على ذلك العالم الآخر هي بالضرورة تلك التي لا تنطبق على عالمنا هذا : فالنقص والقصور في هذا العالم يقابله الكمال في العالم الآخر من كل وجه من الوجوه . الا ان هذا الترتيب المنطقي للأفكار تترتب عليه نتيجة غير منسجمة معه في الواقع ، اذ ينتمي الله الى ذلك العالم الآخر . ومن ثم تصبح « المشكلة » المحورية في الدين هي محاولة خلق نوع من الصلة بين الانسان والله .

ويوجد هذا النمط العام في بناء كل اسطورة او نسق اسطوري معين . اذ تبدأ الاسطورة فتميز أولا بين الآلهة والبشر ، ثم تهتم بعد ذلك بالعلاقات والصلات التي تربط بين البشر والآلهة . ويشير المؤلف الى ان هذه الجوانب موجودة ضمنا في التعريف المبدئي الذي قدمه .

كذلك الشأن بالنسبة للعلاقات بين الجنسين (الذكور والاناث) . فلدى كل مجتمع بشري قواعد معروفة فيما يتعلق بالزنا بالمحارم والزواج من الخارج . وعلى الرغم من أن تلك القواعد تختلف من مجتمع بشري لمجتمع آخر فانها تعني دائما ـ في اى زمان او مكان ـ ان جميع الاناث تنقسم بالنسبة لأي ذكر الى فئتين اثنتين على الأقل : نساء **منا** تكون العلاقات الجنسية معهن عبارة عن زنا ، ونساء **لسن منا** ، يباح الاتصال الجنسي بهن ، ولكننا سرعان ما ندخل في تناقض مرة اخرى . اذ كيف كان الوضع في بداية الخليقة ؟ فاذا كان آباؤنا الأوائل اشخاصا ينتمون الى نوعين مختلفين ، فماذا كان ذلك النوع الآخر ؟ ولكن اذا كانوا جميعا من نوعنا نحن ، فلا بد ان العلاقات بينهم كانت عبارة عن زنا بالمحارم ، ومن ثم فنحن كلنا ابناء خطيئة . وتقدم اساطير شعوب العالم حلولا مختلفة ومتعددة لهذه المعضلة الفكرية الطفولية . ولكن الاهتمام الذي تحظى به يدل على أنها تنطوي في حقيقة الأمر على اعمق المشكلات الخلقية التي تهم الانسان . ولكن المعضلة تظل هي هي كما كانت من قبل . فاذا كان منطق تفكيرنا يقودنا الى تمييز « النحن » من « **الآخرين** » ، فكيف يمكننا أن نعبر الهوة ونخلق علاقات اجتماعية وجنسية مع « هؤلاء الآخرين » دون ان نضحي بمفاهيمنا او نختلف معها ؟

وهكذا نجد ان هذا الجانب من جوانب الاسطورة يظل ماثلا وملحا رغم اختلاف الديانات وتعدد المذاهب . اذ لا زلنا نجد في كل نسق اسطوري سلسلة ثابتة من المقابلات الثنائية ، كالمقابلة بين ما هو بشري وما هو فوق بشري ، وبين الفاني والباقي ، وبين الذكر

والانثى ، وبين المشروع وغير المشروع ، وبين الخير والشر ...... الخ يتبعها دائما نوع من « الوساطة » بين كل من هذين النوعين المتقابلين .

وتتم تلك « الوساطة » Mediation دائما عن طريق ادخال نوع ثالث « غير سوى » او « شاذ » فى ضوء المفاهيم العقلية العادية . وهكذا تجد الأساطير مليئة بكائنات خرافية عبارة عن وحوش خرافية ، وآلهة متجسدة ، وامهات عذارى .... الخ . فهذا النوع الثالث غير قياسى او شاذ بالقياس الى تلك المفاهيم النمطية ، وهو كذلك من طبيعة مختلفة ، وهو اخيرا شيء مقدس . وهو دائما البؤرة التى تدور حولها كل المحرمات Taboo وكل الأوامر والنواهى الشعائرية .

ويشير ليتش الى تطبيقات لهذه الافكار فى دراسة اساطير شعوب معينة مما انجزه الباحثون البنائيون . ويشير على وجه الخصوص الى اساطير شعب البويبلو Pueblo الهندى الأحمر التى تركز على المقابلة بين الحياة والموت . فنجد فى هذه الاساطير تقسيما للعالم الى ثلاثة انواع : الزراعة (وتعنى الحياة) ، والحرب (وتعنى الموت) ، والصيد (وهو نوع وسيط بين النوعين حيث انه يعنى حياة للبشر ، ولكنه يعنى موتا للحيوانات التى يجرى صيدها) . ويشير الى اساطير اخرى من نفس المجموعة تحدد تقسيما ثلاثيا مختلفا عن هذا : الحيوانات آكلة الحشائش (اى تلك التى تعيش بدون قتل) ، والضوارى (التى تعيش من خلال قتل حيوانات اخرى) ، والمخلوقات آكلة الجيفة (وهى نوع وسيط بين النوعين طالما انها تأكل اللحم ، ولكنها لا تقتل لكى تأكل) . ويقرر المؤلف انه يهدف من وراء حشد كل هذه الرموز الى ان يوضح ان الحياة والموت ليسا بالتحديد وجهي عملة واحدة ، فليس الموت هو بالضرورة المرحلة التى تعقب الحياة . (صفحات ٩ ـ ١٢ من الكتاب) .

بعد ان فرغ المؤلف من مناقشة تلك القضية العامة ، ينتقل الى استعراض ثلاث قصص من سفر التكوين فى الكتاب المقدس هى : قصة خلق العالم فى ستة ايام . وقصة جنة عدن ، واخيرا قصة قابيل وهابيل . وهو يتبع نفس اسلوب التحليل البنائى للقصص الثلاث ، بحيث ان استعراض احداها يكفى لاعطاء فكرة كافية عن الكل . وفيما يلى تحليله لقصة خلق العالم .

اليوم الأول : تمييز السماء عن الارض ، والنور عن الظلام ، والنهار عن الليل ، والمساء عن الصباح .

اليوم الثانى : الماء (الخصب) فى السماء (اى المطر) ، والماء العقيم فى الارض (اى مياه البحر) ، تتوسط بينهما السماء .

اليوم الثالث : البحر فى مقابل اليابسة . تتوسط بينهما « الحشائش الخضراء ، وبذور الاعشاب (نباتات الحبوب : القمح والشعير والذرة والأرز) ، واشجار الفاكهة » . وهذه النباتات جميعا تنمو على الأرض اليابسة ولكنها تحتاج لنموها الى الماء . وهى تصنف كأشياء « تحمل بذورها فى داخلها » ، ومن ثم تختلف عن الأشياء الاخرى التى تتولد عن امتزاج جنسين كالحيوانات والطيور .. الخ . وبذلك اكتمل خلق العالم ككيان ثابت (اى ميت) ، وتقابل مرحلة الخلق هذه خلق الاشياء المتحركة (اى الحية) .

اليوم الرابع : وضع كل من الشمس والقمر المتحركين فى السماء الثابتة الساكنة . واصبح كل من النور والظلام بمثابة بديلين (كما ان الحياة والموت اصبحا بديلين) .

اليوم الخامس : خلق السمك والطيور كأشياء حية تقابل تعارض البحر واليابسة السابق الاشارة اليه ، ولكنهما يمثلان فى نفس الوقت عوامل وسيطة بين السماء والأرض من ناحية وبين الماء المالح والماء العذب من ناحية اخرى .

اليوم السادس : خلق الماشية (الحيوانات

الاليفة) ، والضوارى ، (الحيوانات المتوحشة) ، والزواحف . وتقابل هذه الاشياء الثلاثة التقسيم الثلاثى الذى سبقت الاشارة اليه فى اليوم الثالث . الا ان الحشائش هى فقط المخصصة لاطعام الحيوانات . اما كل شيء آخر ، بما فى ذلك لحوم الحيوانات ، فمخصص لاستخدام الانسان . ثم جاء فيما بعد فى سفر اللاويين (الاصحاح الحادى عشر) أن المخلوقات التى لا تندرج تحت هذا التقسيم الصارم للعالم ــ من هذا مثلا الاحياء المائية التى لا زعانف لها ، والحيوانات والطيور التى تأكل اللحوم أو الاسماك ... الخ ــ هذه المخلوقات تصنف كأشياء « مكروهة » . والزواحف والأشياء الزاحفة تعتبر شاذة بالنظر الى الانواع الرئيسية : الطيور ، والأسماك ، والماشية ، والضوارى ، ومن ثم تعتبر مكروهة منذ البداية . (انظر سفر اللاويين ، الاصحاح الحادى عشر ، الآيات ٤١ ــ ٤٢) . ثم يؤدى هذا التصنيف بدوره الى تناقض شاذ . ومن ثم كان على مؤلف سفر اللاويين الاصحاح الحادى عشر لكى يمكن الاسرائيليين من اكل الجراد ان يورد شرطا خاصا لتحريم اكل الاشياء الزاحفة فتقول الآية الحادية والعشرون من الاصحاح الحادى عشر (لاويين) : « الا هذا تأكلونه من جميع دبيب الطير الماشى على اربع ، ما له كراعان فوق رجليه يثب بهما على الارض » . ويعلق ليتش على هذا النص بأن عمليات التمييز الثنائى لا يمكن ان تسير الى مدى ابعد من هذا .

وقد تم خلق الرجل والمرأة فى نفس الوقت .

وقد اوحى الى نظام المخلوقات كله ان يكون « مثمرا ويتكاثر » ، ولكن مشكلات الحياة فى مقابل الموت ، والزنا فى مقابل التكاثر السليم لم تمس هنا على الاطلاق .

والملاحظ على اتجاه ليتش الأساسى فى معالجة هذا الموضوع انه قد ركز على مسألة القواعد المنظمة للسلوك الجنسى ، والخروج عليها لكى يوضح كيف ان عددا متنوعا من صور التكرار ، والقلب (أو العكس) والتنويعات يمكن ان تدعم « رسالة » واحدة متسقة . ويقول عن ذلك : « اننى لا اعنى ان ذلك هو النمط البنائى الوحيد الذى تنطوى عليه تلك الاساطير » . (ص ٢٢ من الكتاب) .

ويستطرد المؤلف قائلا : « **على ان طرافة التحليل الذى قدمته لا يكمن فى الحقائق وانما فى عملية التحليل نفسها . فبدلا من النظر الى كل اسطورة كشيء قائم بنفسه له « معناه » الخاص به ، يفترض ــ منذ البداية ــ ان كل اسطورة تمثل جزءا من كيان مركب وان اى نمط يظهر فى اسطورة معينه سوف يتكرر ، سواء بنفس الصورة او فى صورة تنويعه عليه ، فى اجزاء اخرى من هذا الكيان المركب . ومن لم يتضح البناء المشترك بين جميع التنويعات عند مطابقة عدة روايات مختلفه ببعضها** » .

• • •

ب ــ حقيقه سليمان :

يسعى المؤلف فى هذا الفصل الثانى الى التحقق من حقيقة التناقض فى بيانات العهد القديم عن اصل سليمان . فيبدأ اولا بتقرير وجود هذا التناقض ، ثم يحاول ان يقدم تفسيرا لوظيفة هذا التناقض ودلالته . ومن خلال محاولة تفسير هذا التناقض ، يقنعنا بأن النظر الى العهد القديم كأسطورة كفيل بأن يفسر هذا التناقض ويجعل له دلالة . ثم ينتقل اخيرا الى التركيز على نقطتين بالذات فى دراسة هذا التناقض .

ففيما يتعلق بالتناقض فى بيانات العهد القديم حول أصل سليمان ، يلاحظ ليتش أن التوراة ــ من ناحية ــ تحرم الزواج بين اليهود وغير اليهود ، وخاصة سفر نحميا ، تحريما قاطعا . ولكننا نجد ــ من ناحية أخرى ــ فى سلسلة نسب سليمان ان داود من اصل نصف موآبى (اى غير اسرائيلى) . فهناك اذن نوع من التناقض فى هذا .

وهنا يميز ليتش بين نوعين من التناقض : تناقض بنائي (وهو عبارة عن تضارب في المضمون في أمور جوهرية عظيمة الشأن) **وتناقض في المضمون** (وهو عبارة عن عدم اتساق في التفاصيل القليلة الشأن الواردة في نسيج القصة) **والنوع الثاني من التناقض هو الأكثر انتشارا** . وهو يرجع في الغالبية العظمى من الحالات الى تعليقات وتفسيرات محرفة من جانب محرري النص التي يقحمونها على النص بهدف القضاء على تناقضات تبدو اخطر وزنا واعظم شأنا . ونجد ان الانحراف الكامل لمثل هذا التضارب هو الذي يجعل هذه النصوص « التاريخية » مادة صالحة للتحليل البنائي . اذ انه في ظل مثل هذه الظروف لا يصبح البناء الأساسي للقصة بعد تحت السيطرة الواعية لمحرري النص ، ومن ثم يتميز بطابع خاص مميز . وعند هذا الحد لا تصبح القصة مجرد تتابع في الاحداث ، وانما تتحول الى دراما حية حقيقية .

واذا تأملنا الواقع العملي كما تنقله الينا نصوص العهد القديم وجدناه لا يفرق تفريقا قاطعا واضحا وجازما بين القريب والغريب ، او بين الاسرائيلي وغير الاسرائيلي . ويقدم ليتش خريطة عامة لتوزيع القبائل في ارض فلسطين يخلص من تحليلها الى ان التمييز بين الاسرائيليين والاغراب ليس تمييزا محددا اسود وابيض ، وانما توجد بين الاسرائيلي « الحقيقي » والغريب « الكافر » سلسلة طويلة من الظلال ومن القرابة المتدرجة . وهنا يتساءل المؤلف كيف يمكن في ظل مثل هذه الظروف الالتزام بقواعد الزواج من الداخل ؟

ثم يتعقب المؤلف التناقض في صورة اخرى ، اذ يخبرنا « التاريخ » انه كانت هناك مملكتان اسرائيليتان : مملكة اسرائيلية في الجنوب (مملكة يهوذا) ومملكة ثانية في الشمال (مملكة اسرائيل) . فكيف يتسنى تقبل هذه الحقيقة والعهد القديم يؤكد ان ابناء اسرائيل يجب ان يكونوا شعبا واحدا وليس شعبين منفصلين ؟ هل ابناء المملكة الشمالية اسرائيليون حقيقيون ام اغراب ؟ الواقع ان النص يراوغ في هذه النقطة ولا يقدم اجابة محددة . وان كنا نلاحظ ان نصوص العهد القديم تضع – ضمنا – ابناء المملكة الشمالية في وضع ادنى ، بل وتعاملهم في بعض الاحيان ككفار كلية . (انظر تعبيرا واضحا عن هذا الموقف في قصة اهاب Ahab ملك اسرائيل) .

ومع ذلك فان البيتين الملكيين يتصاهران دائما ، ويعامل النص تلك الزيجات كزيجات شرعية مما يعني – في هذا السياق بالذات – ان الشماليين هم في النهاية اسرائيليون وابناء نفس الدين ! فهل يمكن اذن ان نعتبر المملكة الشمالية كيانا شرعيا ؟ ولكن التسليم بأمر كهذا ينطوي على تناقض مع ضرورة وحدة البيت المالك الاسرائيلي في ابناء يهوذا ، والأصل الواحد لسليمان وللقدس . فوجود مملكتين يمثل اذن نوعا من التناقض في ذاته .

ويخلص المؤلف من استعراض عشرات التفاصيل – التي لم يتسع المجال لاستعراضها – الى اننا لو وضعنا تفاصيل النص بجوار بعضها لوجدناه متناقضا أشد التناقض .

ولا نجد امامنا سوى « تاريخا » مليئا باحداث عشوائية لها بناء « الأسطورة » . وما تريد ان تقوله الأسطورة ليس هو بالتحديد ما يريد محرروها التعبير عنه واعين . وانما هي تعبر عن اشياء كامنة واصيلة في الثقافة اليهودية التقليدية ككل . (ص ٥٣من الكتاب).

وهنا تتضح لنا فائدة هذه النظرة الى نصوص العهد القديم ، فالأسطورة – كما اشار ليفي ستروس من قبل – تحاول ان تضع حلا لأشياء يستحيل حلها في الواقع ، وان توفق بين متناقضات لا يمكن بغير الطريق الأسطوري التوفيق بينها . وهذا التوفيق او الحل الوسط خاص بوضع اليهود في المجتمع . فهم يرغبون في السيطرة على مجتمع هم فيه الأقلية . ومع كونهم اقلية فهم لا يريدون الامتزاج في هذا

البحر الخضم ، والا فقدوا وحدتهم وهويتهم التى هى مصدر قوتهم .

ويستعين المؤلف فى توضيح هذا التناقض الأساسى باستعراض بنائى لخطط العلاقة الزواجية فى قصص العهد القديم على النحو التالى : ــ

١ ــ تحريم الزنا بالمحارم وارتباطه بقاعدة الزواج من الخارج ، كاساس لتكوين الحادات زواجية بين جماعات متعارضة داخل مجتمع سياسي واحد .

٢ ــ قاعدة الزواج من الداخل كاساس للحفاظ على وحدة الجماعة الدينية . ونلحظ هنا التناقض بين هذه القاعدة ومبدأ تحريم الزنا بالمحارم ، أو بين الزواج من الداخل والتسليم بأن المجتمع يتكون من جماعات متعارضة متعادية يؤلف الزواج بينها .

٣ ــ يميز محررو العهد القديم طبقا لهذا بين الشعب الاسرائيلي وبين غير الاسرائيليين . ولكنا نجد هنا ــ كما نجد فى الطبيعة ــ **فئات وسيطة** لا هى اسرائيلية تماما ، ولا هى غريبة كلية : كابناء راشيل وبيت يوسف ، وقبيلة بنيامين .... الخ .

ويحاول المؤلف ان يبين الطريقة التى استطاع بها سليمان ان يكتسب حقه هذا . فيستعرض السبل المختلفة لاكتساب الشرعية او حق السيادة على شيء معين ، كالشراء والوراثة . ويخلص الى ان الوراثة هى السبيل الوحيد المشروع مشروعية كاملة . وفى ضوء هذه النقطة فان معرفة سلاسل النسب تصبح ذات اهمية فائقة وحاسمة . ولذا يتتبع المؤلف سلسلة نسب سليمان كما جاءت فى الانجيل (سفر متى وسفر لوقا) وهى تعد اربعة عشر جيلا بين ابراهيم وسليمان . ولم يرد فى هذه القائمة كجدات لسليمان سوى اربع تدور قصصهن حول محور واحد يتركز حول التساؤل عما اذا كان من الممكن لاسرائيلى « نقى » ان ينجب ابناء شرعيين من امراة غير اسرائيلية ، او العكس عما اذا كان من الممكن لامراة اسرائيلية ان تحمل بطفل اسرائيلى بعد معاشرة رجل ليس باسرائيلى نقى . والاجابة على السؤالين بالمعنى المحدود هى النفى بالطبع . الا ان القصص القانونية كتلك المتضمنه فى الزواج الليفراتى (اى زواج ارمله المتوفى بشقيق زوجها) او فى المبدا القائل بان « ابن البغى لا اب له » تجعل المسألة اقل تحديدا ووضوحا واصعب على التحليل القاطع النهائى .

فاذا تساءلنا عن السبب فى ادراج مثل هؤلاء النسوة « المشبوهات » فى سلسلة نسب الملك سليمان ، لوجدنا ان الاجابة بالقطع تصبح عديمة المعنى خالية من كل دلالة فى ضوء الظروف السياسية التى سادت ارض فلسطين بعد ذلك ككيان متميز عن اليهود كجماعة دينية . ولكن اذا اخذنا تلك القصص بمعناها الواسع لوجدناها تتيح القول بأن الملك سليمان ليس فقط سليل بيت يعقوب (اسرائيل) ، وانما هو بنفس القدر سليل بيت « عيساو » Esau و « ادوميت » Edomite ، بل « وهيث » الكنعاني . معنى هذا أنه الوريث الشرعى لملك كل تلك الاراضي والممالك .

واذا كان هذا التفسير يمثل نوعا من المراوغة والتناقض ، فان هذا بالتحديد هو ذلك النوع من المراوغات والتحايلات التى ينطوى عليها « التاريخ الاسطورى » ، وذلك ان صحت تفسيرات ليفى ستروس للاسطورة بوجه عام . كما ان تلك القصص توضح نقطة اخرى اكثر عمومية ، « وهى ان الاثم فى الاساطير سمة ذات معنى مزدوج اشد الازدواج تقترب بها من التقوى والورع . فقابيل ــ الذى ذبح اخاه هابيل ــ قد اصبح لذلك شخصا مقدسا يتمتع بحماية الله وعنايته . كذلك البغاء فى الكتاب المقدس ، فمع كونه « خطأ » واثما ، الا انه يمثل سبيلا يسيرا الى القداسة والورع من خلال التوبة والندم . فقد كانت

تامار ، وراهاب ، وروث جميعا بغايا على نحو ما ، ولكنهن مثل مريم المجدلية قديسات. كذلك فالعكس يمكن ان يكون صحيحا ايضا . فالحماس الزائد فى اداء الواجبات الشعائرية يمكن ان يتحول الى النقيض فى بعض الاحيان ، ويجعل من مؤدى تلك الشعائر آثما ومخطئا . ولعلنا لو تاملنا شرور ساول عن كثب لوجدناها شديدة الشبه ــ بشكل غريب ــ بفضائل داود . (بصفحتى ٦٤ ــ ٦٥ من الكتاب) .

وبعد ان يفرغ المؤلف من مناقشة الدلالة البنائية لسلسلة نسب سليمان ينتقل الى استعراض النظام البنائى الكامن فى التسلسل الزمنى لاحداث قصة سليمان كما وردت فى الكتاب المقدس . وهو ينتهج فى هذا العرض اسلوب الكشف عن البناء الثنائى للقصة ، وما بين هذين العنصرين النقيضين من عنصر ثالث وسيط . « ففى الاصحاح التاسع والعشرين من سفر صموئيل الاول نجد المقابلة بين « ساول » (من بيت بنيامين) وداود (من بيت يهوذا) ومن ثم المقابلة بين الاسرائيلى والاجنبى . ثم نجد داود (اى بيت يهوذا) يتحالف مع الاجانب » وهكذا . (قارن صفحة ٧٠ وما بعدها) . ولن يتسع المقام بالطبع لاستعراض بقية نتائج هذا التحليل .

وفى نهاية هذا الفصل يقدم المؤلف تلخيصا بارعا لنتائج دراسته المستفيضة عن حقيقة سليمان ، ويعدد تلك النتائج على النحو التالى:

« **اولا** : يوضح التحليل ان التتابع التاريخى ــ فى هذه الحالة ــ له فى ذاته دلالة بنائية . وهو امر يميز تلك الحالة بالذات عن سائر المواد التى تعرضنا لها بالدراسة فى هذا المقال .

ثانيا : ان التحليل قد استفاد استفادة كبرى من التفاصيل المتعلقة بتسلسل النسب وبالاسماء الجغرافية التى وردت فى النص بكثرة . والواقع ان اتجاهات التفسير تتباين حول دلالة هذه الامور . فعلماء اللاهوت المحدثون ، اليهود والمسيحيون على السواء ، يفترضون سلفا بوجه عام ان هذه التفاصيل لم تعد ذات شان وانها فقدت كل اهمية ودلالة . هذا بينما كان كتاب القرن التاسع عشر ، باحترامهم الزائد لدقة « الحقيقة الانجيلية » التى لا فساد فيها ، يرون انه من الضرورى تفسير سلاسل النسب هذه عن طريق افتراض وجود ذاكرة شعبية تعى الحركات القبلية القديمة . اما بالنسبة لعالم الانثروبولوجيا فان تفاصيل النسب تنطوى على اهمية فائقة . فهو يسلم بان تفاصيل علاقات القرابة وروابط المصاهرة « لا تذكر » الا كتبرير لتاكيد حقوق معينة . .

والحالات التى قمت بتحليلها تقدم دليلا اكيدا على صحة هذا الافتراض ، وقد اوضحت فى ثنايا استعراضى لتلك الحالات أن العمليات الفكرية عند مؤلفى وجامعى الكتاب المقدس تختلف عن عملياتنا الفكرية على نحو خاص ، وتبدو لى تلك النقطة ذات دلالات كبرى لفهم التاريخ القديم .

ثالثا : ان هذا النوع من التحليل يستند الى فرض اولى مؤداه ان النص فى مجموعه يجب أن يعالج كوحدة وكيان كلي مترابط . ويتعارض هذا الموقف تعارضا حادا مع منهج الدارسين التقليديين المتزمتين . فاذا صادف هؤلاء الدارسون تكرارا صريحا ، او عدم اتساق . . . الخ فانهم يعتبرونه دليلا على فساد النص . وهنا يرى ان مهمته تتمثل فى استخلاص الحقيقة من الزيف ، وفى تمييز الرواية القديمة عن رواية اخرى قديمة وهكذا. فالنص فى نظر الدارس التقليدى ليس وحدة وكيانا كليا وانما خليط من الوثائق التى يمكن فصل بعضها عن بعض . ولم اسع فى معالجتى اطلاقا الى تحدى هذه القضية . . . ولكنى حاولت أن ادرس النص كوحدة . . ولو تناولنا النص كوحدة مترابطة فسوف يختفى التمييز العادى بين الاسطورة والتاريخ . فالشرائع التاريخية فى العهد القديم تكون تاريخا اسطوريا متكاملا كان بمثابة تبرير لحالة المجتمع اليهودى

فى وقت معين عندما وصل ذلك الجزء من نص الكتاب المقدس الى مستوى من الاستقرار التقريبى كشريعة دينية » . (صفحات ٧٦ وما بعدها) .

●●●

جـ ـ الولادة العذرية :

يبدأ ليتش مقاله الثالث المعنون « الولادة العذرية » Virgin Birth بتوضيح المناسبة التى دفعته الى بحث هذا الموضوع . وهى خلاف علمى بينه وبين البروفسور سبيرو Spiro حول تفسير البيانات الانثوجرافية التى تدعى ان بعض القبائل البدائية (خاصة بعض قبائل سكان استراليا الاصليين) يجهلون طبيعة الابوة الفسيولوجية . ومن ثم لا يرون ثمة علاقة بين المعاشرة الزوجية وحمل الام . وانما يقدمون لذلك تفسيرات مختلفة . ولكن ليتش يرى أن تلك البيانات لاتعنى انهم يجهلون العلاقة بين المعاشرة والحمل . « فالتفسير الحديث للشعائر التى وردت عنهم يعنى ان فى هذا المجتمع العلاقة بين ابن المرأة وافراد عشيرة زوجها تنشأ عن الاعتراف العام بروابط الزواج ، وليس من حقائق المعاشرة . وهو وضع طبيعى للغاية » . (صفحة ٨٧) .

ويرى ليتش ان الباحثين الذين ادلوا برأى فى تفسير جهل البدائيين للأبوة الفسيولوجية قد تأثروا فى ذلك بالدراسات النظرية التطورية السابقة حول مختلف نظم الحياة .

واخيرا يتصدى المؤلف فى الجزء الباقى من المقال ، لتحليل الاعتقاد فى الولادة العذرية مستهديا فى ذلك بموقف عام حدده بوضوح : وهو ان الانثروبولوجي يهتم اساسا بالبحث عن أوجه الاختلاف بين حياته (الراقية) وحياة الشعوب الاخرى (البدائية) . ولكن ليتش نفسه يهمه من هذه المقارنة استخلاص أوجه التقارب والشبه بين حياتنا ومعتقداتنا وحياة ومعتقدات اولئك « البدائيين » .

●●●

لعل القيمة الحقيقية للكتاب الذى بين أيدينا لاتتمثل فيما قدمه من دراسات لمشكلات محددة مشخصة (على اهميتها الكبرى وطرافتها كما أوضحنا) بقدر ما تتمثل فيما اثارة من قضايا ذات طبيعة منهجية او ذات طبيعة عامة . فقد اكد بوضوح البناء الثنائى للاسطورة . وناقش بافاضة منهجه فى التحليل البنائى وما يرتبط به من مشكلات تعدد النصوص ، وصيغه المعتمدة وهى مشكلة ذات وزن خطير لكل من يتصدى لدراسة الادب الشعبى بأنواعه جميعا . وتعرض كذلك للفرق الجوهرى والهام بين اسلوب المقارنة على اساس المضمون ، والمقارنة على أساس البناء ، ودلالة ذلك بالنسبة للتحليل البنائى الذى يقدمه او قيمة هذا التميز انه يغير نظرة الباحث تغيرا اساسيا الى تفاصيل الاسطورة او الاساطير موضوع الدراسة ، والى تباين تلك التفاصيل من رواية لاخرى .

وعلاوة على تلك المشكلات الهامة اثار المؤلف بعض مشكلات تطبيق المنهج البنائى عند ليفى ستروس ، وعلاقة ذلك بتحليلاته التى يقدمها ، ونوع المادة التى اختارها لهذا التحليل ، كذلك تعرض لمشكلة تنوع وتكرر روايات الاسطورة الواحدة ، حاول أن يقدم جهدا اصيلا فى تحديد فوائد منهج التحليل البنائى وقيمته العلمية التى تبرر ما يبذل فيه من جهود .

وختاما فنحن بصدد دراسة عظيمة تستمد عظمتها من دقة تحليلاتها واجادتها دراسة موضوعها المحدد الذى اختارته ، ومن تفوقها المنهجى . وقد حاولنا فى عرضنا ان ننصف المؤلف بأن تناولنا فى عرضنا الاسهامات المنهجية العامة التى قدمها بنفس القدر من العناية الذى تناولنا به دراسته لموضوعه المحدد ، فقد أسدى ادموند ليتش بكتابه هذا خدمة جليلة للاتجاه البنائى ، وللدراسات الانثروبولوجية بعامة ، ولدراسة أساطير الكتاب المقدس فى ضوء جديد . ونرجو ان يكون هذا العرض دعوة للقارىء العربى ليزداد اهتماما بهذا النهج الجديد فى الدراسة ليكون اكثر قدرة على ملاحقة تقدم العلم الانسانى فى العالم .